



Anvendelse af produktmodellering - set ud fra en arbejdsforberedelsessynsvinkel

Hvam, Lars

Publication date:
1994

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Hvam, L. (1994). *Anvendelse af produktmodellering - set ud fra en arbejdsforberedelsessynsvinkel*. Danmarks Tekniske Universitet (DTU). DI Publikation No. 94.22-A

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

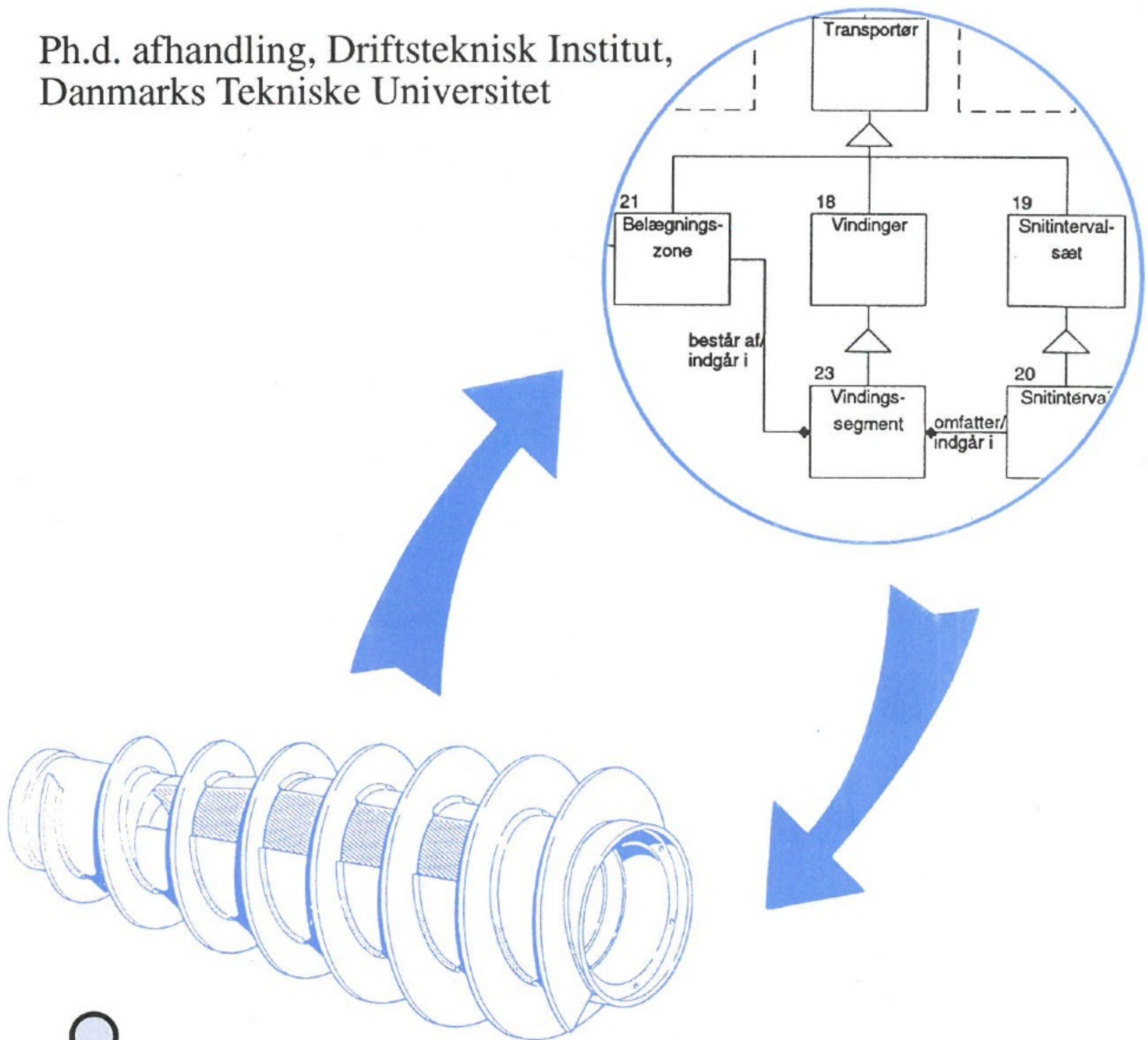
If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Anvendelse af produktmodellering

- set ud fra en
arbejdsforberedelsessynsvinkel

Lars Hvam

Ph.d. afhandling, Driftsteknisk Institut,
Danmarks Tekniske Universitet



INTEGREREDE
PRODUKTIONSSYSTEMER

Anvendelse af produktmodellering

- set ud fra en arbejdsforberedelsessynsvinkel

Integrerede produktionssystemer (IPS) er et flerårigt forskningsprogram under Statens Teknisk-Videnskabelige Forskningsråd, der sigter mod skabelsen af nye fremgangsmåder til integration i industrielle virksomheder. Det sigter også imod at styrke forskningsmiljøet omkring integreret produktion i et samspil med industrien. I programmet deltager 5 institutter fra Danmarks Tekniske Universitet og Aalborg Universitet.

IPS programmet behandler integration i industriel produktion ud fra en bred opfattelse af produktion - omfattende både konstruktion, produktionsteknik og logistik. Mange aspekter af integration vil blive betragtet med primær fokus på beslutnings- og informationsprocesser. Forskningen vil blive baseret på problemstillinger fra industrien.

Organisation

IPS programmet er ledet af en programkomite med repræsentanter fra de deltagende institutter.

Jens O. Riis , professor, Ph.D. (programleder), Institut for Produktion, Aalborg Universitet,	Leo Alting , professor, Ph.D., Procesteknisk Institut, Danmarks Tekniske Universitet,
Hans Holm , docent, Ph.D., Institut for Produktion, Aalborg Universitet,	Mogens Myrup Andreassen , docent, tekn.-dr. Institut for Konstruktionsteknik, Danmarks Tekniske Universitet,
Erik Trostmann , professor, Ph.D., Institut for styreteknik, Danmarks Tekniske Universitet,	Johan Vesterager , lektor, Driftsteknisk Institut, Danmarks Tekniske Universitet.

Med henblik på forankring i industriens problemstillinger er der dannet en følgegruppe:

Hans Kirk , direktør, Danfoss (formand)	Torben Andersen , underdirektør, Odense Stålskibsværft,
Henning Vestergaard , direktør, Bang og Olufsen	Mogens Boyter , direktør, Pressalit.
Frank Stenzhorn , teknologichef, Grundfos	Bjarne Palstrøm , fuldmægtig, Dansk Industri,
Jørgen Hartvig Jensen , direktør, Hardi International	Jørgen Elikofer , faglig sekretær, Dansk Metalarbejderforbund.
Poul Erik Nielsen , produktionsteknisk chef Alfa Laval Separation,	

Afhandling for erhvervelse af den tekniske ph.d.-grad:

Copyright © 1994 Lars Hvam

Udgivet af:
Driftsteknisk Institut
Danmarks Tekniske Universitet
DK-2800 Lyngby
Telefon +45 45 93 44 66

Afhandlingen er skrevet v.h.a. Microsoft Word 2.0c tekstbehandlingsprogram og udskrevet med Times New Roman 12 punkt.
Figurer er lavet på Microsoft Designer 3.1 og er udskrevet med Switzerland.

DI publikation 94.22-A

ISBN 87-985169-0-6

FORORD

Denne afhandling er resultatet af et ph.d.-studium ved Driftsteknisk Institut, Danmarks Tekniske Universitet med lektor Johan Vesterager som vejleder. Arbejdet er finansieret af Statens Teknisk Videnskabelige Forskningsråd (STVF) gennem rammeprogrammet Integrerede ProduktionsSystemer (IPS).

Udover tilknytningen til Driftsteknisk Institut har jeg gennem mere end et år samarbejdet med Alfa Laval Separation A/S i Søborg, hvor projektets empiriske arbejde er udført. I den forbindelse vil jeg rette en særlig tak til Produktionsteknisk Chef Poul Erik Nielsen, der har fulgt dette ph.d.-projekt og bidraget med nødvendige oplysninger og mange interessante diskussioner. Desuden vil jeg gerne takke de øvrige medarbejdere hos Alfa Laval Separation, der har været berørt af dette projekt, for at have vist projektet interesse og bidraget med oplysninger og kommentarer gennem projektets forløb.

Jeg vil ligeledes takke Johan Vesterager for hans vejledning og mange spændende diskussioner, samt ph.d.-studerende Geir Arngrimsson, Driftsteknisk Institut og ph.d.-studerende Niels Henrik Mortensen, Instituttet for Konstruktionsteknik, der har været stærkt involveret i det empiriske arbejde og har bidraget med værdifuld viden, og med hvem jeg har haft mange spændende diskussioner vedr. henholdsvis objektorienteret modellering og opbygning af konstruktionsstøttesystemer. Desuden vil jeg gerne takke eksamensprojektstuderende Lars Carstensen for at have udført det slidsomme arbejde med programmering af den opbyggede model.

Endelig vil jeg rette en varm tak til medarbejdere ved Driftsteknisk Institut ikke mindst Torsten Höök og Christian Glyrskov, som har bistået med udfærdigelse af figurer og afhandlingens fremstilling.

Vedr. læsning af afhandlingen skal det bemærkes, at det ved gengivelse af citater og figurer fra litteraturen er tilstræbt så vidt muligt at gengive disse på originalsproget.

Lyngby, august 1994

Lars Hvam

ABSTRACT

Manufacturing companies spend an increasing amount of the total work resources in the manufacturing planning system with the activities of e.g. specifying products and methods, scheduling, procurement etc. By this the potential for obtaining increased productivity moves from the direct costs in the production to the indirect costs in the manufacturing planning system.

This Ph.D.-project considers information technology (IT) to be an important means for obtaining increased productivity and efficiency in these functions. The project focuses on the use of IT to support the activities of specifying products and methods, as only a minor part of the engineering work in these functions in the planning system until now has been supported with IT. The aim is to develop methods for analysing which activities to support with IT, and in relation to this, define context and structure of the IT-systems to support the specification work.

The theoretical fundament of the project includes four elements. The first element (work preparation) considers methods for analysing and preparing the direct work in the production, pointing to an analogy between analysing the direct work in the production and the work in the planning systems. The other element covers general techniques for analysing and modelling knowledge and information, with special focus on object oriented modelling.

The third element covers four different examples of product models. The product models are viewed as reference models for modelling knowledge and information used for specifying products and methods. The last element attaches to the use of the task concept viewed as a means for expressing the demands to a given system in the company. In this case, systems for specifying products and methods.

Based on the referred theory, the project provides a line of procedure for developing systems to support the specification activities in the company using product models. The first phase in the procedure contains an analysis of the task of the system (called the product and methods specification task) leading to a definition of the context and structure of the system in the specific company. The following phases are based on the use of object oriented modelling and follow in outline the object oriented project life cycle.

The empirical work in the project, carried out at Alfa Laval Separation A/S, covers all the phases in the line of procedure from analysing the task of the system, over building a model, and to the final programming of an application. It has been stressed out to carry out all the phases in the outline of procedure in the empirical work, one of the reasons being to prove that it is possible, with a reasonable consumption of resources, to build an application to support a part of the specification work in the company.

RESUMÉ

Produktionsvirksomheder forbruger en relativt stigende andel af virksomhedens samlede arbejdskraftressourcer i forbindelse med virksomhedens tekniske styring med f.eks. specifikation af produktet og dets fremstillingsforløb, planlægning, indkøb m.v. Derved forrykkes potentialet for opnåelse af forøget produktivitet fra primært at omfatte den direkte fysiske produktion til også at omfatte aktiviteterne i virksomhedens tekniske styring.

I dette ph.d.-projekt ses informationsteknologi (IT) som et væsentligt middel til opnåelse af forøget produktivitet og effektivitet i disse funktioner. I projektet fokuseres på anvendelse af IT i forbindelse med specifikation af produktet og dets fremstillingsforløb (konstruktion og produktionsforberedelse), da det egentlige ingeniørarbejde i disse aktiviteter hidtil kun i ringe grad er blevet understøttet med IT. Der sigtes mod at tilvejebringe metoder for analyse af hvilke aktiviteter, der skal understøttes, og i forlængelse heraf fastlæggelse af indhold og struktur i de systemer, der skal understøtte specifikationsarbejdet.

Projektets teorigrundlag omfatter fire elementer. Det første element (arbejdsforberedelse) omfatter metoder for analyse og forberedelse af det direkte arbejde i produktionen, idet der drages en analogi mellem analyse af det direkte arbejde i produktionen og arbejdet i virksomhedens tekniske styring. Det andet element omfatter generelle teknikker for analyse og modellering af viden og information, hvor der specielt lægges vægt på den objektorienterede modellerings-teknik.

Ved det tredje element er der foretaget en gennemgang af fire forskellige eksempler på produkt- og produktrelaterede modeller, der i denne sammenhæng opfattes som referencemodeller for modellering af viden og information knyttet til produktet og f.eks. dets fremstillingsforløb. Det sidste element knytter an ved anvendelse af opgavebegrebet, der ses som et middel til at formulere de krav omgivelserne stiller til et givet system i virksomheden. I dette tilfælde system for specifikation af produktet og det fremstillingsforløb.

Med udgangspunkt i den refererede teori, er der formuleret en samlet fremgangsmåde for udvikling af systemer til understøtning af virksomhedens specifikationsaktiviteter ved anvendelse af produktmodellering. I den første fase tages udgangspunkt i en formulering af systemets opgave (kaldet produkt- og metodespecifikationsopgaven) og i forlængelse heraf foretages en fastlæggelse af systemets indhold og struktur i den givne virksomhed. De efterfølgende faser er baseret på anvendelse af objektorienteret modellering og følger i hovedtræk den objektorienterede projektlivscyklus.

Projektets empiriske arbejde, der er udført hos Alfa Laval Separation A/S, omfatter alle faserne i den formulerede fremgangsmåde fra analyse af systemets opgave over opbygning af en model til den endelige programmering af en applikation. Der er lagt vægt på at gennemføre alle faser i den samlede fremgangsmåde frem til og med programmering af en applikation bl.a. for at eftervise, at det er muligt, med et overskueligt ressourceforbrug, at opbygge en applikation, der kan understøtte elementer i virksomhedens specifikationsarbejde.

INDHOLDSFORTEGNELSE

1	Indledning	1
1.1	Baggrund	1
1.2	Projektets fremgangsmåde	3
1.3	Rapportens opbygning	7
2	Teorigrundlag	9
2.1	Arbejdsforberedelse	9
2.1.1	Informationsteknologi i den tekniske styring	11
2.1.2	Analogi til traditionel analyse og rationalisering af arbejde i produktionen	13
2.1.3	Sammenfatning	19
2.2	Modellering af viden og information	21
2.2.1	Data- og videnrepræsentationsformer	21
2.2.2	Tre-skema-arkitektur og projektlivscyklus	24
2.2.2.1	Tre-skema-arkitektur	24
2.2.2.2	ICAM's projektlivscyklus	26
2.2.2.3	Den objektorienterede projektlivscyklus	28
2.2.3	IDEF-modellering	31
2.2.3.1	Funktionsmodellering (IDEF0)	31
2.2.3.2	Informationsmodellering (IDEF1):	33
2.2.4	Objektorienteret modellering	37
2.2.4.1	Objektorienteret analyse	40
2.2.4.2	Identificering og karakterisering af objekter (OOA)	41
2.2.4.3	Objektorienteret design	45

2.2.4.4	Objektorienteret programmering	46
2.2.5	CIM/OSA Referencemodellen.....	48
2.2.6	STEP Standarden	52
2.2.7	Sammenfatning	58
2.3	Concurrent engineering og produktmodellering.....	60
2.3.1	Concurrent Engineering.....	60
2.3.2	Featurebegrebet.....	64
2.3.3	Produktmodellering	69
2.3.3.1	Fraunhofer-instituttet i Berlin	70
2.3.3.2	Universitetet i Erlangen-Nürnberg.....	73
2.3.3.3	Dataforeningen i Sverige	76
2.3.3.4	Instituttet for konstruktionsteknik, DTU (kromosommodellen).....	80
2.3.4	Sammenfatning	83
2.4	Opgavebegrebet.....	86
2.4.1	Baggrund.....	86
2.4.2	Produktionsopgaven	88
2.4.3	Produktionsopgaven i UPS-projektet	92
2.4.4	Produktionsstyringsopgaven.....	94
2.4.5	Udviklingsopgaven	98
2.4.6	Sammenfatning af opgavebegrebet.....	101
2.5	Problemformulering.....	104
2.5.1	Antagelser	105
2.5.2	Afgrænsning	105
2.5.3	Sammenfatning	106
3	Hypotese.....	107

3.1 Indledning	107
3.2 Fremgangsmåden	107
3.2.1 A/S Reoler - et eksempel.....	109
3.3 Produkt- og metodespecifikationsopgaven	111
3.3.1 Opgavebegrebets anvendelse	112
3.3.2 Opgavebegrebets indhold.....	114
3.3.3 Formål, synsvinkel og kontekst.....	123
3.4 Opbygning af OOA-model	124
3.5 Design, programmering, implementering og vedligeholdelse	130
3.6 Sammenfatning	131
4 Empiri	133
4.1 Alfa Laval Separation A/S	133
4.2 Projektets arbejdsforløb	135
4.3 Produkt- og metodespecifikationsopgaven	137
4.3.1 Modellens formål, synsvinkel og kontekst.....	141
4.4 Opbygning af OOA model.....	141
4.4.1 Præsentation af domænet	141
4.4.2 Identifikation af features	146
4.4.3 Produktmodel	150
4.4.4 Produktionsmodel	155
4.5 Opbygning af OOD model.....	160
4.6 Programmering af model	164
4.7 Præsentation af systemet.....	168
4.8 Sammenfatning af empiri.....	173
4.8.1 Produkt- og metodespecifikationsopgaven	173

4.8.2	Fremgangsmåden	174
4.8.3	Effekter ved anvendelse af produkt- og produktrelaterede modeller	175
4.8.4	Perspektiverne for Alfa Laval Separation.....	176
5	Konklusion	179
5.1	Evaluering af hypotesen	179
5.2	Perspektivering af projektet.....	182
	Litteratur:.....	185
	Bilag 1 OOA-model for reolproduktion	195
	Bilag 2 Formler for beregning af geometridata m.v. for objekt 19 i produktmodellen.....	203
	Bilag 3 Formler for beregning af tidsforbrug ved objekt 110 i produktionsmodellen	205

FIGUROVERSIGT

Figur 1. Virksomhedens logistik- og specifikationsflow [Hirsch, 52].	2
Figur 2. En videnskabelige arbejdsmetode [Jørgensen, 74].	4
Figur 3. Projektets arbejdsforløb.	6
Figur 4. Rapportens opbygning.	7
Figur 5. Virksomhedens tekniske styring.	9
Figur 6. Virksomhedens funktioner med det operationelle, fornyende og koordinerende niveau.	10
Figur 7. Arbejdets bestanddele [Vesterager, 123, p. 14].	13
Figur 8. Arbejdsforløb med varierende mekaniseringsgrad.	15
Figur 9. Stykomkostninger ved forskellige mekaniseringsgrader.	16
Figur 10. Komplekskomponent med 17 instanser [Sant, 110, p. 206].	18
Figur 11. Forskelle mellem en database og en videnbase [Kerr, 76, p.112].	22
Figur 12. Elementer i et regelbaseret system [Kerr, 76, p. 127].	23
Figur 13. Beskrivelsesorienteringer og synsvinkler ved opbygning af informationssystemer [Zachmann, 132, p.285].	25
Figur 14. Treskema arkitektur [Vesterager m.fl., 127].	26
Figur 15. ICAM's projektlivscyklus [Vesterager m.fl., 127].	27
Figur 16. Besparelse ved anvendelse af en struktureret fremgangsmåde [Vesterager m.fl., 127].	28
Figur 17. Den objektorienterede projektlivscyklus [Booch, 16, p. 200].	29
Figur 18. De basale elementer i IDEF0 modellering [ICAM, 62, p. 59].	31
Figur 19. Den hierarkiske nedbrydning af en model [ICAM, 62, p. 20].	32
Figur 20. Elementer i en database [Vesterager m.fl., 127].	34
Figur 21. Fremgangsmåden ved opbygning af en IDEF1 informationsmodel [Clausen, 27, p. 12].	36
Figur 22. Struktur i henholdsvis traditionel og objektorienteret software [Agida, 1].	37
Figur 23. Objektorienteret notation [Coad og Yourdon, 30, p. 196].	39
Figur 24. OOA-modelleringens fem lag [Coad og Yourdon, 30, p. 54].	40
Figur 25. En OOA-model, der viser indholdet i en OOA-model [Coad og Yourdon, 30, p. 205].	42
Figur 26. Procedure kort notation [Coad og Yourdon, 30, p. 157].	44
Figur 27. Fremgangsmåde ved opbygning af OOD model, [Coad og Yourdon, 31].	45

Figur 28. CIM/OSA-Referencemodellen [AMICE, 39, p. 21].....	49
Figur 29. Modelleringsniveauer og arbejdsforløb ved opbygning af virksomhedsspecifikke modeller [AMICE, 39, p. 59].	51
Figur 30. Anvendelse af et neutralt filformat reducerer antallet af processorer [Friis og Petersen, 42, p. 55].	53
Figur 31. Nationale standarder, med indflydelse på STEP [Dansk Standard, 33, p.6].	54
Figur 32. Tre niveauer i STEP-standardens [Wix, 130, p.57].	56
Figur 33. Faser i produktets livscyklus [Andreasen, 5, p. 17].....	60
Figur 34. Sekventielt og overlappende forløb af aktiviteterne i den tekniske styring [Christiansen, 26, p. 19].	61
Figur 35. Forholdet mellem disponerede og realiserede omkostninger i produktets livscyklus [Andreasen, 4].....	62
Figur 36. Frihedsgrader og relationer ved specifikation af produktet og dets fremstillingsforløb [Lenau m.fl., 86, p. 141].....	63
Figur 37. Stiliseret beskrivelse af overfladegeometri og funktionsflader [Kristensen og Andreasen, 83, p. 127].....	66
Figur 38. Konstruktionsfeature med angivelse af bearbejdningsflader [Kristensen og Andreasen, 83, p. 131].....	67
Figur 39. Feature, der beskriver drejebænke [Kristensen og Andreasen, 83, p. 132].	68
Figur 40. Indhold og struktur i produkt- og produktrelaterede modeller [Krause, 82].	71
Figur 41. Koncept for opbygning af produkt- og produktrelaterede modeller [Krause, 82, p. 194].....	73
Figur 42. Arkitektur for designsystem [Meerkamm, 90, p. 2].	74
Figur 43. Analysedelen i konstruktionssystemet [Meerkamm, 90, p. 3].....	75
Figur 44. Konstruktionselementer i komponentmodellen [Meerkamm, 90, p. 3].....	76
Figur 45. Objektorienteret produktmodel [Dataforeningen i Sverige, 34, p. 21].....	78
Figur 46. Produktmodellens informationsstruktur [Dataforeningen i Sverige, 34].	79
Figur 47. Kromosommodellen [Andreasen, 5, p. 6].....	81
Figur 48. Kromosommodellen i en designer's workbench [Mortensen, 92, p. 3].	82
Figur 49. Produkt- og produktrelaterede modeller.....	84
Figur 50. Fremgangsmåden i UPS-projektet [Rode og Sant, 105, p. 16].....	94
Figur 51. Produktionsopgavens delopgaver [Johansen, 71, p. 57].....	96
Figur 52. UNIC - fornyelsesprocessen [Kirkegård, 79, p. 8]	99
Figur 53. Fremgangsmåden.....	108
Figur 54. Reolen og dens fremstillingsforløb.....	110
Figur 55. Regel for valg af maskine og beregning af tidsforbrug.	111

Figur 56. Opgaven fastlægger indhold og struktur af produkt- og produktrelaterede modeller i en given virksomhed.	113
Figur 58. Tidsforbrug og hyppighed af arbejdsrutiner i produktionsforberedelsen.	118
Figur 59. Delopgaver ved konstruktion og tilpasning af produkter.	119
Figur 60. Tidsforbrug og hyppighed af arbejdsrutiner ved konstruktion af produkter.	119
Figur 61. Produkt- og metodespecifikationsopgaven for A/S Reoler.	122
Figur 62. OOA oversigtsdiagram for reoleksempel.	125
Figur 63. Presse-objektet, med valg af presse og beregning af tidsforbrug.	129
Figur 64. Dekanter centrifuge.	134
Figur 65. Forløbet af det empiriske arbejde hos Alfa Laval Separation.	136
Figur 66. Den samlede opgave, som systemet skal løse i samspil med konstruktør og produktionsforbereder.	142
Figur 67. Transportør.	143
Figur 68. Vindingssegmenter.	144
Figur 69. Transportørgruppens layout.	145
Figur 70. Feature, der beskriver vindinger som komponent på transportøren.	147
Figur 71. Feature, der beskriver vindinger isoleret.	148
Figur 72. Feature, der beskriver produktionssystemet.	149
Figur 73. Feature, der beskriver operationssekvens.	150
Figur 74. Produktmodel for vindinger.	152
Figur 75. Objektnr 19, Snitintervalsæt.	153
Figur 76. Grafisk angivelse af snitintervaller.	154
Figur 77. Beskrivelse af forløbet ved inddata til modellen.	155
Figur 78. Produktionsmodel for vindinger.	156
Figur 79. Objekt med procedurer for beregning af tidsforbrug (nr 110).	158
Figur 80. Beskrivelse af forløbet ved fastlæggelse af routing.	159
Figur 81. Liste over menupunkter [Carstensen, 21, p. 48].	163
Figur 82. Sammenhængen mellem enheder (units) i systemet [Carstensen, 21, p. 67].	165
Figur 83. Eksempler på specifikation af inddata [Carstensen, 21, p. 70].	166
Figur 84. Eksempler på specifikation af uddata [Carstensen, 21, p. 70].	166
Figur 85. Programstruktur i produktionsforberedelsesdelen [Carstensen, 21, p. 75].	167
Figur 86. Menu for specifikation af produkt.	168
Figur 87. Menu for specifikation af transportørprofil.	169

Figur 88. Menu for valg af hårdbelægning.....	170
Figur 89. Udskrift af vindingssegmenttabel.....	171
Figur 90. Udskrift af routing.	172
Figur 91. Tidsforbrug ved opbygning af model og prototype.....	175

1 INDLEDNING

1.1 BAGGRUND

Produktionsvirksomhedernes tekniske styring (produktstyring, produktionsforberedelse, kvalitetsstyring, logistik og produktionsstyring) gennemgår i disse år en række store forandringer som følge af den stigende anvendelse af informationsteknologi (IT).

Samtidig forbruger virksomhederne en stadig større del af deres ressourcer i de teknisk administrative funktioner, d.v.s. at potentialet for opnåelse af forøget produktivitet skifter fra primært at omfatte den fysiske produktion til også at omfatte den tekniske styrings drifts- og udviklingsopgaver. Som eksempel kan nævnes ABB - koncernen, der netop har igangsat et større projekt med titlen "produktion på halv tid", hvor der fokuseres på virksomhedernes samlede ordreflow incl. de produktionsforberedende aktiviteter i den tekniske styring. I den forbindelse er der gennemført en undersøgelse af de administrative aktiviteter i ordregennemløbet i en række af koncernens virksomheder. Undersøgelsen viste bl.a. at der udførtes arbejde på ordren i ca. 5% af den samlede gennemløbstid. I 95% af tiden lå ordren stille.

I forbindelse med ICAM - projektet i USA [Vesterager, 124] er dette udtrykt ved, at driftsteknikerens synsvinkel skifter fra "the manufacturing of the product" til "the manufacturing of the manufacturing system." Opgaverne i den tekniske styring ændres således til i stigende grad også at omfatte udvikling og vedligeholdelse af systemer til udførelse af de daglige driftsmæssige produktionsforberedende opgaver i den tekniske styring.

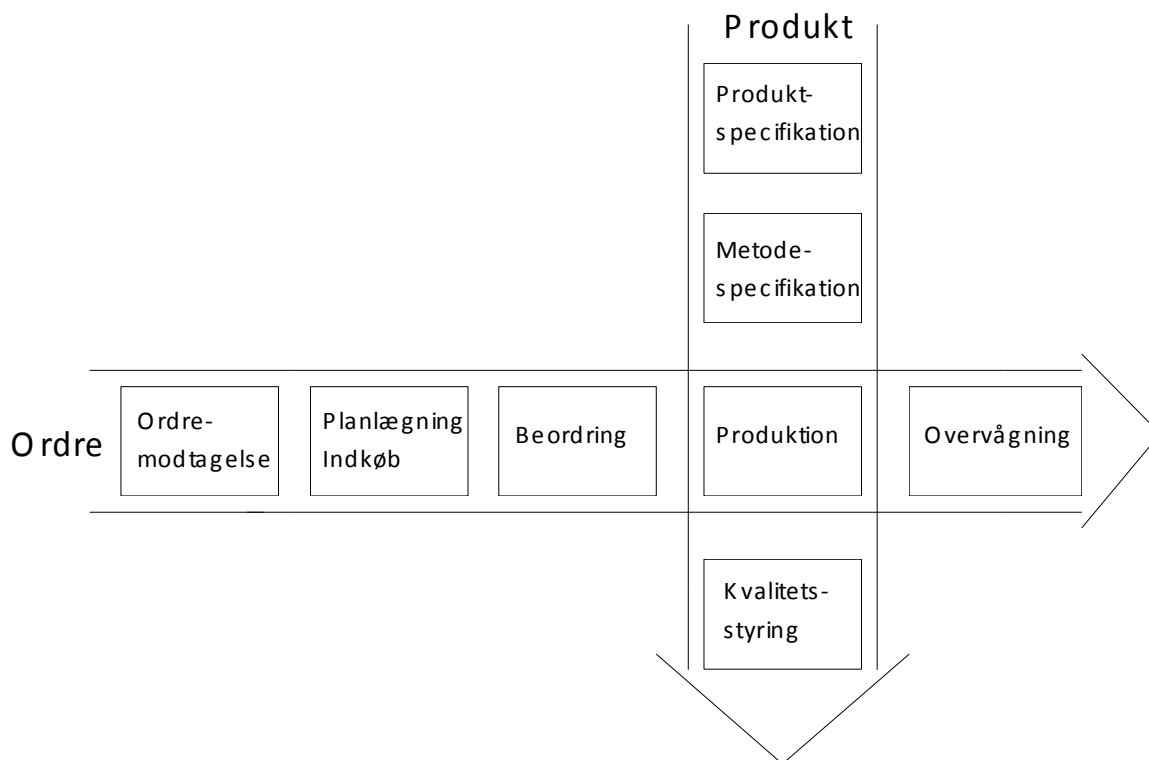
Væsentlige mål er et hurtigere og mere sikkert ordregennemløb og forøget produktivitet i ordreafviklingen, samtidig med at der opnås større frihedsgrader i ordregennemløbet. Dette opnås f.eks. ved at flere produkter/ komponenter først specificeres i det enkelte ordregennemløb via en computerunderstøttet konstruktion og produktionsforberedelse baseret på f.eks. en objektorienteret modellering af produkter og procesplaner.

Nøgleteknologien ved udvikling af funktionerne i den tekniske styring er informationsteknologien (IT). Der findes i dag metoder til beskrivelse af funktioner og informationer (f.eks. IDEF-metoderne), d.v.s. der findes et "sprog" til modellering af opgavestrukturer og informations-sammenhænge i forbindelse med f.eks. ordrefremtagningen (konstruktion og produktionsforberedelse). Derimod er der endnu ikke fundet operationelle fremgangsmåder og metoder til fastlæggelse af den grad af computerunderstøtning, der skal vælges ved de enkelte funktioner. Der kan drages en analogi til den mekanisering og automatisering, der har fundet sted i produktionen, hvor der findes en række analysemodeller til beskrivelse af de processer, der udføres (f.eks. MTM-studier), samt metoder/ retningslinier for valg af mekaniseringsgrad.

Et centralt spørgsmål er således, hvorledes de informationsteknologiske muligheder indtænkes i opbygningen af rutiner i det tekniske styringssystem. Der mangler idag et begrebs- og metode-

apparat til hjælp for virksomhederne i deres bestemmelse af, i hvor høj grad de enkelte funktioner skal integreres samt computerunderstøttes eller computerautomatiseres.

I dette projekt er det valgt at fokusere på virksomhedens specifikationsaktiviteter. I nedenstående figur 1 er vist de enkelte funktioner i virksomheden opdelt i to forskellige flow, hvor det vandrette flow viser aktiviteterne i forbindelse med styring af en ordres gennemløb (logistikflowet), mens det lodrette flow (her kaldet specifikationsflowet) viser aktiviteterne knyttet til produktets tilblivelse - specifikation og fremstilling.



Figur 1. Virksomhedens logistik- og specifikationsflow [Hirsch, 52].

Logistikaktiviteterne i det vandrette flow kan i høj grad understøttes af generelle applikationer (standard- eller rammesystemer) som f.eks. MAPICS, COPICS, eller SAP, da de arbejdsrutiner, der understøttes af disse applikationer, er ensartede for mange produktionsvirksomheder.

Aktiviteterne i det lodrette flow med specifikation af produktet og dets fremstillingsforløb er knyttet til den enkelte virksomheds produkter og produktionsapparat, og kan derfor kun i mindre grad understøttes med generelle applikationer som f.eks. CAD eller programmeringsudstyr.

til CNC-maskiner. Eksempelvis understøtter CAD-systemer primært dokumentationsarbejdet, men ikke selve ingeniørarbejdets indhold.¹

For at understøtte arbejdet med at specificere produkter og produktionsmetoder er det nødvendigt at opbygge en applikation baseret på en analyse af den specifikke virksomheds produkter og produktionsapparat. Et afgørende redskab i den forbindelse er anvendelse af produkt- og produktrelaterede modeller (produktmodellering), der vil blive nærmere beskrevet i det næste kapitel.

I dette projekt er der, som nævnt, udelukkende fokuseret på aktiviteterne i det lodrette flow, d.v.s. specifikation af produktet og dets fremstillingsforløb. Det er her produktionsvirksomheder forbruger en stadig stigende del af deres ressourcer, og samtidig udføres der internationalt et omfattende forskningsarbejde for at skabe teori og metoder for understøtning af disse aktiviteter.

I litteraturen findes eksempler på produkt- og produktrelaterede modeller (se afs. 2.3.3), og teori for hvilken viden og information en sådan model skal indeholde, hvorimod jeg ikke har fundet teori for at udlede, hvilke aktiviteter i konstruktion og produktionsforberedelse, der i en given virksomhed skal understøttes af produkt- og produktrelaterede modeller.

1.2 PROJEKTETS FREMGANGSMÅDE

Projektets fremgangsmåde kan beskrives ved dels et samspil mellem teori og praksis og dels en kombination af analyse og syntese. Overordnet kan den videnskabelige metode beskrives ved tankegangen i kritisk rationalisme, hvor eksisterende erkendelse i form af modeller og metoder søges videreudviklet på grundlag af litteraturstudier, logisk strukturering, empirisk arbejde o.s.v.

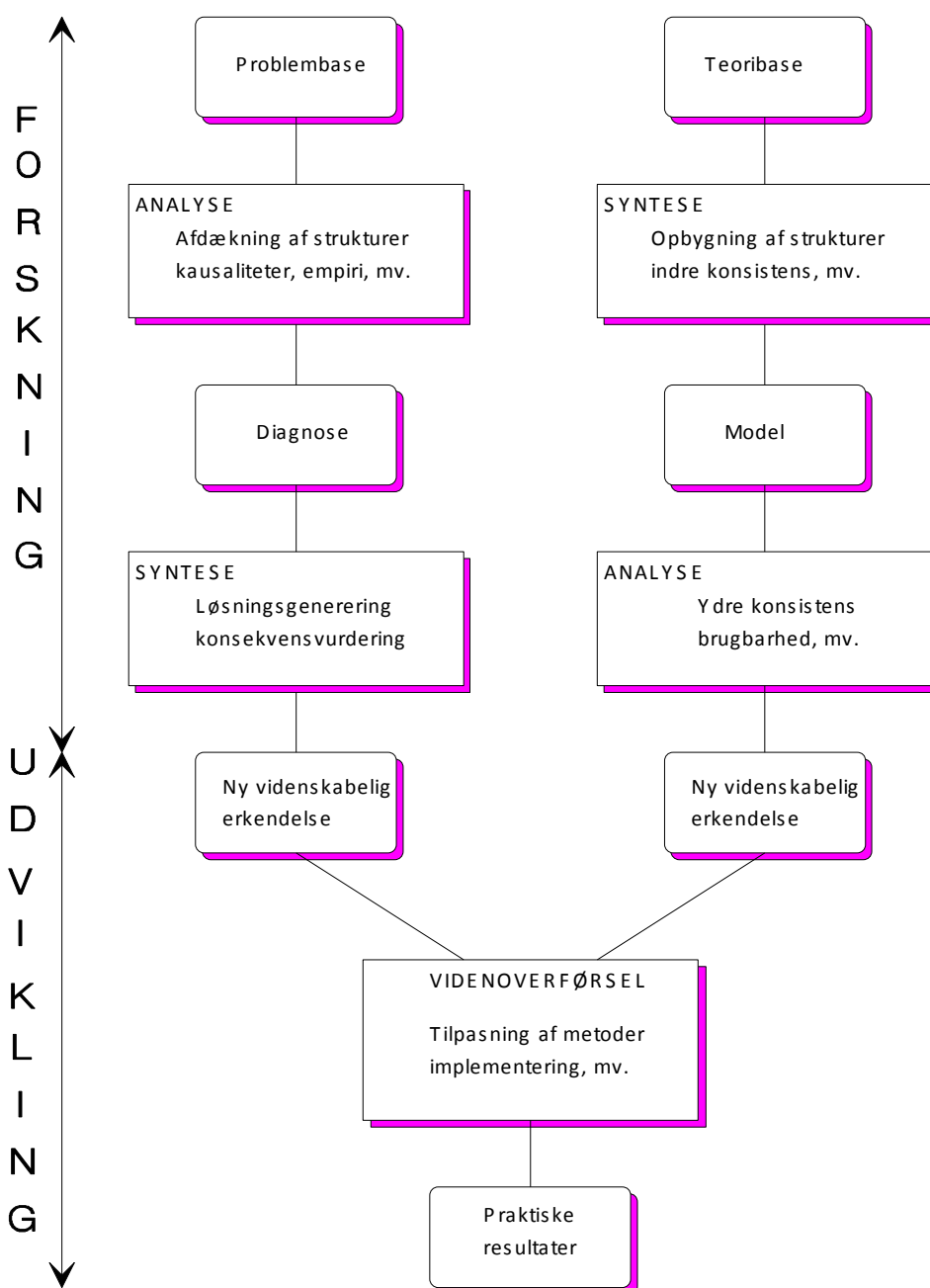
I nedenstående figur 2 er vist elementer i arbejdsforløbet i den videnskabelig arbejdsmetode. Der er vist to forskellige forløb, hvor det første forløb tager udgangspunkt i en problemstilling og derefter søger, via en analysefase, at opnå en forståelse og indsigt i problemområdet ved at afdække strukturer og sammenhænge o.s.v. Gennem en syntesefase formuleres modeller og metoder for løsning af det pågældende problem, og herunder vurderes konsekvenserne af den opstillede løsning.

Det andet forløb tager udgangspunkt i den eksisterende teori og søger, gennem en syntesefase, at opstille modeller og metoder til at forklare et givet fænomen (problem), hvorefter disse modeller og metoder afprøves i en analysefase, hvor den opstillede teoris konsistens og brugbarhed vurderes. Arbejdet i dette projekt er en kombination af begge forløb, hvor der dels er taget

¹ I denne afhandling er viden- og informationsarbejde anvendt som en generel betegnelse for de aktiviteter, der vedrører lagring og genfindning af informationer (informationsarbejde), samt generering af nye informationer (videnarbejde). Specifikationsarbejde betegner i denne sammenhæng viden- og informationsarbejde i virksomhedens specifikationsflow, og med ingeniørarbejde menes her primært videndelen af viden- og informationsarbejdet i virksomhedens specifikationsflow..

udgangspunkt i en problemstilling (at opstille modeller og metoder for understøtning af arbejdet i konstruktion og produktionsforberedelse), og dels i relevante teorier indenfor området (arbejdsforberedelse, modellering af viden og information, produktmodellering og opgavebegrebet).

VIDENSKABELIGE ARBEJDS PARADIGMER



Figur 2. En videnskabelige arbejdsmetode [Jørgensen, 74].

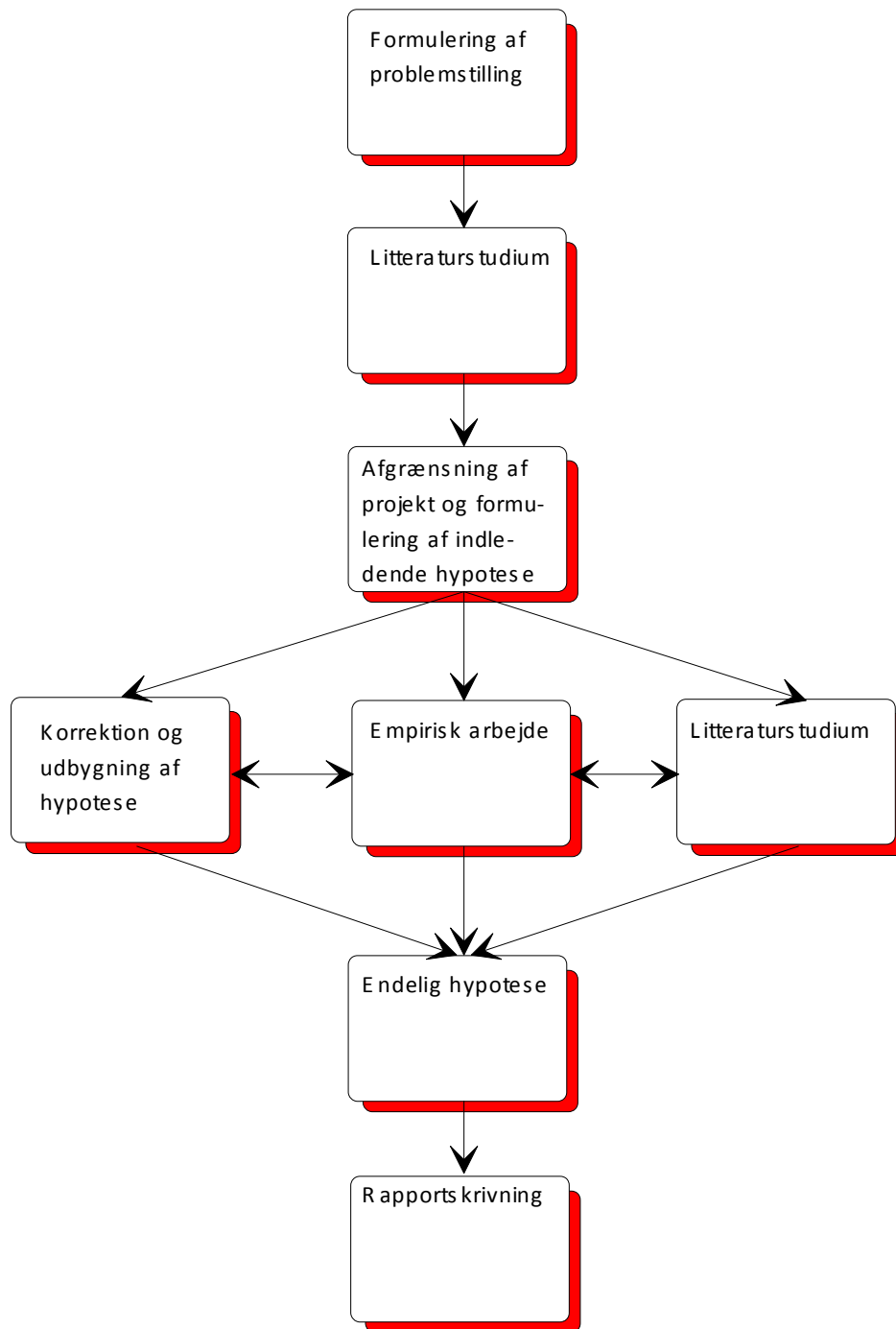
Figuren opdeler endvidere det videnskabelige arbejde i forskning og udvikling, hvor den sidste del - udvikling - omfatter en tilpasning og implementering af forskningsresultater så de opera-

tionelt kan anvendes i den enkelte virksomhed. Der er i dette Ph.D.-projekt lagt vægt på at gøre de opstillede modeller og metoder "færdige", så de på en operationel måde kan anvendes i den enkelte virksomhed.

Et andet væsentligt aspekt i projektet er anvendelse af Linstone's teori om synsvinklernes betydning for den valgte løsning [Linstone, 87]. Linstone anfører at de synsvinkler, der inddrages ved analyse af en problemstilling bestemmer validiteten af den endelige løsning. Den optimale løsning på en problemstilling, set ud fra en given synsvinkel kan være uhensigtsmæssig set fra andre synsvinkler.

Linstone formulerer tre hovedgrupper af synsvinkler i forbindelse med analyse af systemer; en teknologisk, en organisatorisk og en individorienteret synsvinkel. I dette projekt er det gruppen af teknologiske synsvinkler, der er medtaget, idet der, ved formulering af hypotesen, er udvalgt et antal synsvinkler, der danner grundlag for hypotesen, mens andre synsvinkler, af hen-syn til projektets afgrænsning, i det store og hele er udeladt. Det er tilstræbt at der i projektet er en stærk bevidsthed, om hvilke synsvinkler der er taget med og hvilke synsvinkler, der er udeladt.

I nedenstående figur **Fejl! Bogmærke er ikke defineret.** er vist projektets arbejdsforløb. Forløbet bygger som nævnt, på en kombination af de to forløb vist i figur 2, hvor der tages afsæt, dels i en problemstilling og dels i et studie af litteratur indenfor området. Det empiriske arbejde bidrager dels til analyse og vurdering af den opstillede hypotese, og dels til en syntetisering, hvor hypotesen reformuleres og udbygges.

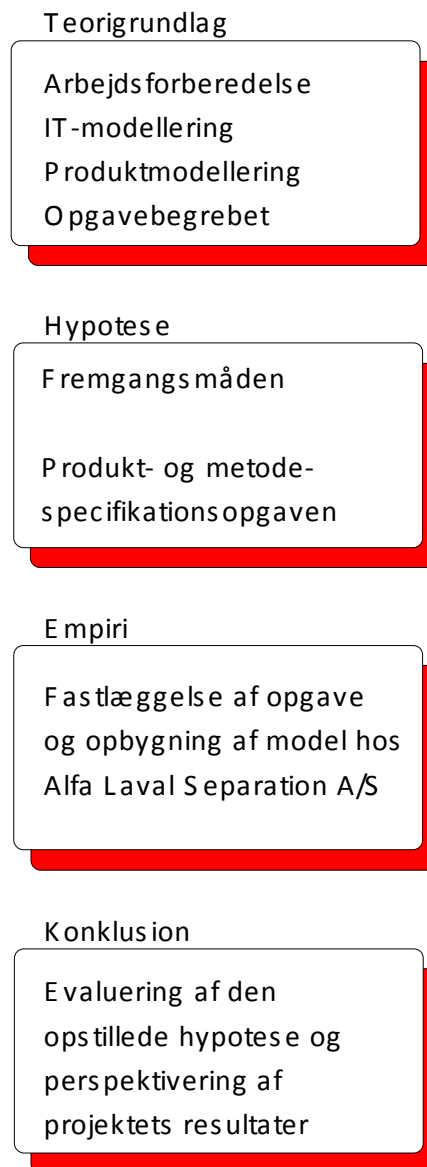


Figur 3. Projektets arbejdsforløb.

Litteraturstudiet forløber gennem hele projektet frem til formulering af den endelige hypotese. Hovedvægten i litteraturstudiet har dels ligget i projektets tidlige faser med afgrænsning af problemstilling og opstilling af den indledende hypotese, og dels i forbindelse med det empiriske arbejde, hvor hypotesen løbende er blevet reformuleret og udbygget. I forbindelse med de tre første aktiviteter, har der været nogen overlappning og iteration mellem henholdsvis formulering af problemstilling, litteraturstudium og formulering af indledende hypotese.

1.3 RAPPORTENS OPBYGNING

Rapporten er opdelt i fire hoveddele (se figur 4), hvor den første del omhandler projektets teoretiske grundlag, den endelige afgrænsning af projektet, samt de antagelser projektet bygger på. Anden del indeholder en formulering af den opstillede hypotese, mens tredje del indeholder en beskrivelse af det empiriske arbejde, der er udført hos Alfa Laval Separation A/S. Sidste del indeholder en evaluering af den opstillede hypotese, samt perspektivering af projektets resultater.



Figur 4. Rapportens opbygning.

Projektets teorigrundlag omfatter fire forskellige elementer. Ved det første element (arbejdsforberedelse) beskrives metoder for fastlæggelse af den optimale arbejdsforberedelse (eller understøtning) af funktionerne i virksomhedens tekniske styring, hvor der drages en analogi til metoder for analyse og forberedelse af det direkte arbejde i produktionen.

Ved det andet element er der foretaget en kortfattet præsentation af grundbegreber og tekniker til modellering af viden og information med særlig vægt på anvendelse af objektorienteret modellering. Desuden er der foretaget en kort gennemgang af CIM/OSA referencemodellen og STEP standarden, da disse må forventes at bidrage til kommende standarder indenfor området.

Det tredje element omfatter produktmodellering, der sættes i relation til concurrent engineering og featurebegrebet. Der refereres fire forskellige eksempler på produkt- og produktrelaterede modeller, der kan opfattes som referencesystemer, der fastlægger det generelle indhold og den generelle struktur i produkt- og produktrelaterede modeller.

Endelig er der, som det fjerde element, foretaget en gennemgang af opgavebegrebet og dets anvendelse i dansk industri gennem tre større danske projekter; Udvikling af Produktions-Systemer (UPS), Virksomhedstilpasset ProduktionsStyring (ViPS) og UdviklingsevneN I Centrum (UNIC). Teorigrundlaget er afsluttet med en fastlæggelse og afgrænsning af projektet og de antagelser, projektet bygger på.

Projektets teorigrundlag udgør fundamentet for den opbyggede hypotese, der omfatter en samlet *fremgangsmåde* for udvikling af systemer, der kan understøtte aktiviteterne i virksomhedens specifikationsflow. Første del af *fremgangsmåden* omfatter en analyse af systemets opgave udtrykt ved *produkt- og metodespecifikationsopgaven*, der, set ud fra en arbejdsforberedelses-synsvinkel, bidrager til at fastlægge den fremtidige struktur i virksomhedens specifikationsflow (her primært konstruktion og produktionsforberedelse).

I forlængelse heraf indeholder *fremgangsmåden* en række faser, baseret på anvendelse af objektorienteret modellering, der leder frem til opbygning af de IT-systemer, der skal understøtte aktiviteterne i den specifikke virksomhed. Analysen af *produkt- og metodespecifikationsopgaven* udgør fundamentet for arbejdet med opbygning af IT-systemer, idet analysen af hvilke aktiviteter, der skal understøttes, fastlægger indhold og struktur i de IT-systemer, der skal opbygges baseret på indhold og struktur i de generelle referencemodeller for produkt- og produktrelaterede modeller.

Projektets empiriske arbejde er udført hos Alfa Laval Separation A/S i Søborg. Gennem det empiriske arbejde er der dels foretaget en analyse af, hvilke aktiviteter i konstruktion og produktionsforberedelse, det vil være interessant at understøtte med IT (produkt- og metodespecifikationsopgaven), og dels er der udviklet en model og opbygget en applikation, der indeholder viden og information for understøtning af konstruktion og produktionsforberedelse af en af de komponenter, der indgår i virksomhedens produktprogram (dekantere).

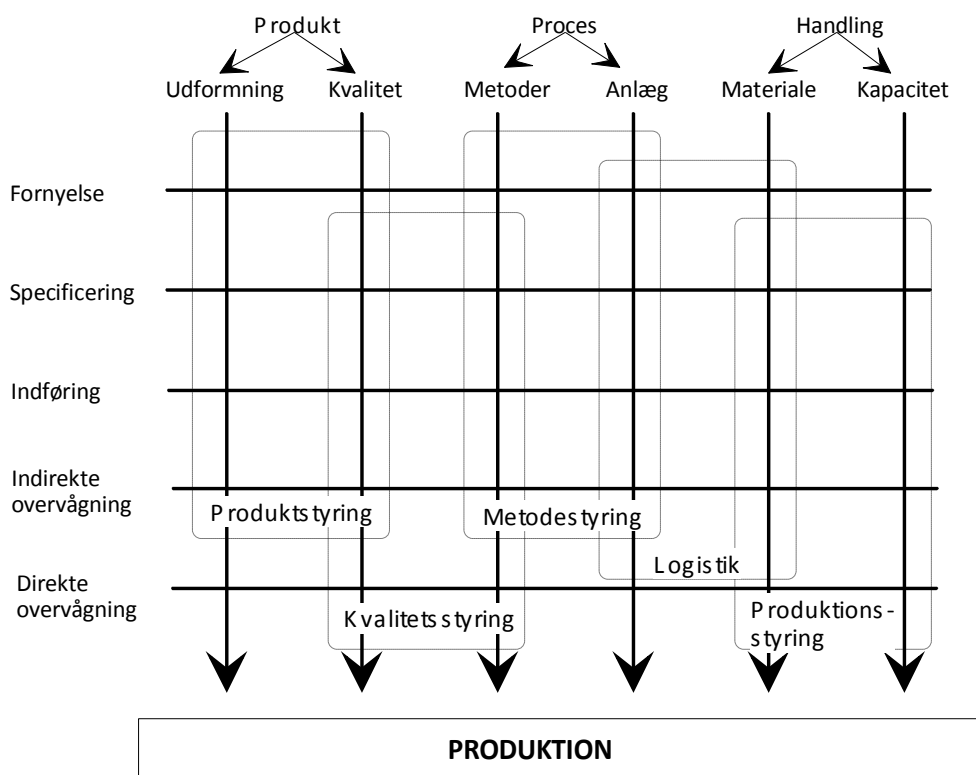
Der er lagt vægt på at gennemføre et helt forløb (formuleret under *fremgangsmåden*) fra fastlæggelse af systemets indhold og struktur (ved anvendelse af produkt- og metodespecifikationsopgaven) frem til og med programmering af en applikation.

Afsluttende foretages en evaluering af den opstillede hypotese i relation til det gennemførte empiriske arbejde, hvor hypotesens gyldighed vurderes i relation til de synsvinkler, der er medtaget i projektet. Derudover foretages en perspektivering af projektets resultater, hvor hypotesen relateres til øvrige synsvinkler, f.eks. organisation og integration.

2 TEORIGRUNDLAG

2.1 ARBEJDSFORBEREDELSE

I dette afsnit vil jeg præsentere tankegangen, og projektets synsvinkler bag udvikling af systemer i den tekniske styring. I nedenstående figur 5 er vist det tekniske styringssystem, som det er defineret på Driftsteknisk Institut [Vesterager, 125]. Den tekniske styring omfatter produkt-, metode- og kvalitetsstyring, samt logistik og produktionsstyring.



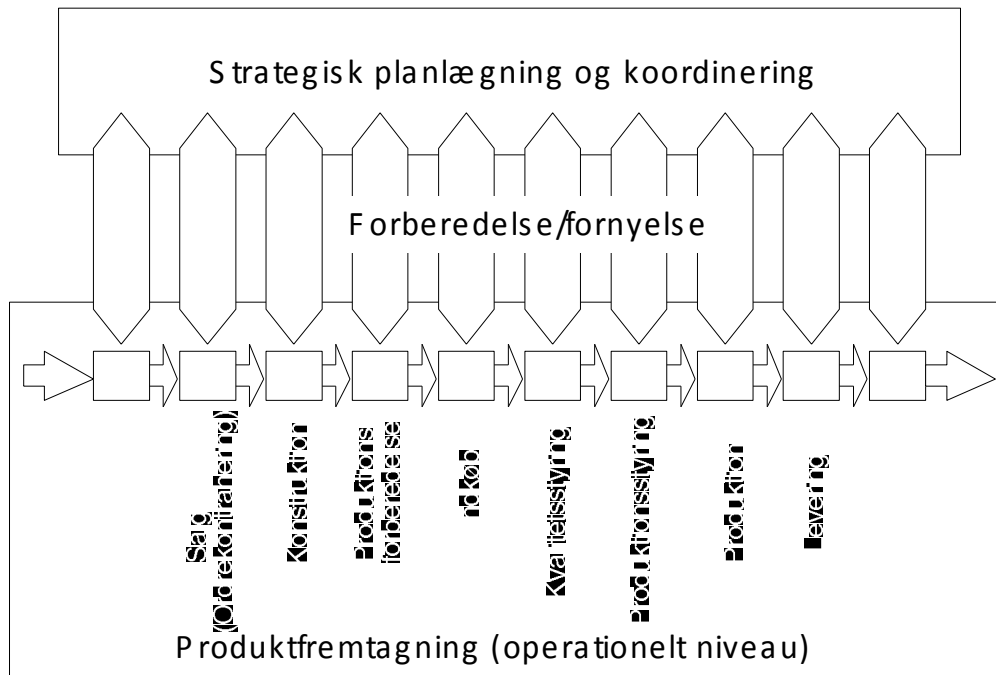
Figur 5. Virksomhedens tekniske styring.

Produktstyring omfatter alle aktiviteter med planlægning, udvikling og specificering af virksomhedens produkter. Metodestyring omfatter udvikling af virksomhedens produktionsapparat, samt specifikation af de løbende aktiviteter i produktionen (routing, operationsvejledning, cnc-kode, værktøjskonstruktion m.v.). Kvalitetsstyring er her vist som en selvstændig aktivitet, men kan iøvrigt opfattes som parameter, der indgår i alle virksomhedens aktiviteter. Logistik betegner her styring af indkøb af materialer og underleverandørydelser, samt anlægsplanlægning, mens produktionsstyring varetager styringen af de enkelte aktiviteter i produktionen, d.v.s. styring af materialer og operationer i relation til den kapacitet, der er til rådighed.

Det tekniske styringssystem er opstået som en følge af den omfattende arbejdsdeling og mekanisering, der er gennemført i produktionen. En afgørende forudsætning for den produktivitetsforbedring, der løbende er opnået i produktionen, siden den begyndende indførelse af arbejdsdeling i slutningen af forrige århundrede, er udvikling af metoder til analyse og forberedelse af

arbejdet i produktionen, samt udnyttelse af mekanisk teknologi til understøtning af de enkelte arbejdsoperationer.

I nedenstående figur **Fejl! Bogmærke er ikke defineret.** er vist de forskellige funktioner i virksomheden svarende til forskellige faser i et produkts livscyklus, hvor der i figuren kun er medtaget de faser, der er relateret til aktiviteterne i en produktionsvirksomhed, d.v.s. at f.eks. faserne anvendelse og bortskaffelse ikke er taget med i denne sammenhæng. De enkelte aktiviteter i forbindelse med produktets specifikation og fremstilling er vist som bestående af tre niveauer.



Figur 6. Virksomhedens funktioner med det operationelle, fornyende og koordinerende niveau.

Det operationelle niveau beskriver det direkte arbejde med salg, specifikation, indkøb, planlægning og fremstilling af produkter. Det forberedende niveau indikerer udvikling af systemer, der kan understøtte aktiviteterne på det operationelle niveau, f.eks. udvikling af produktionssystemet ved ændring i layout eller produktionsudstyr, eller opbygning af produkt- og produktrelaterede modeller til understøtning af specifikationsarbejdet i konstruktion og produktionsforberedelse.

I relation til funktionerne i den tekniske styring vist i figur 5 skal det bemærkes, at aktiviteterne i metodestyningen er delt op i aktiviteter, der forbereder (udvikler) produktionssystemet, og aktiviteter, der, på operationelt niveau, specificerer de aktiviteter (operationer), der udføres i produktionen. Det strategiske niveau varetager koordineringen af de enkelte delsystemer og udstikker rammerne for systemernes opbygning i forhold til virksomhedens overordnede strategi.

Det forberedende niveau i figur **Fejl! Bogmærke er ikke defineret.** antyder behovet for at udvikle systemer og understøtte funktioner i virksomhedens tekniske styring med IT på samme

måde som produktionen hidtil er ble-vet udviklet og understøttet med anvendelse af mekanisk teknologi.

I ICAM-projektet er dette, som nævnt, formuleret ved at fokus ændrer sig fra at være "Manufacturing of the product" til at være "Manufacturing of the manufacturing system", d.v.s. at der skal udvikles og implementeres systemer til at udføre de daglige operationelle rutiner vedr. specifikation og fremstilling af produktet.

2.1.1 INFORMATIONSTEKNOLOGI I DEN TEKNISKE STYRING

I forbindelse med udvikling af funktioner i det tekniske styringssystem, er informationsteknologien (IT) et væsentligt middel til at opnå en forbedret effektivitet i funktionerne. IT udvikler sig hurtigt. Forholdet mellem pris og ydelse falder hurtigt, og der opstår nye tekniske muligheder (f.eks. grafisk kommunikation med billeder og film), hvilket bevirker at det potentielle anvendelsesområde for IT løbende udvides. Det er først og fremmest udviklingen af hardware der går hurtigt, men der sker også en løbende udvikling af metoder for effektiv udvikling af software (f.eks. objektorienterede systemer og CASE værktøjer [Kirkby og Kjærulf, 78]).

Informationsteknologien anvendes i stigende grad i det tekniske styringssystem, hvilket bl.a. underbygges af flere undersøgelser vedr. virksomhedernes anvendelse af IT; [Arthur Andersen, 13], [Foss Michelsen, 44], [Price Waterhouse/IKO, 101] og [Industriens Arbejdsgivere, 65]. I undersøgelserne pejles tendenserne i anvendelse af IT i danske produktionsvirksomheder:

- Anvendelse af IT får stigende indflydelse på produktionsvirksomhedernes produktivitet og konkurrenceevne.
- Virksomhedernes ledelse er i stigende grad engageret i anvendelse af IT.
- Virksomhederne investerer stadig flere penge i IT. I perioden 1985-1991 er de årlige EDB-udgifter øget med 120% målt i faste priser.
- Ansvar for udvikling og vedligeholdelse af EDB-systemer decentraliseres, og overtages i stigende grad af brugerne.
- Der anvendes i stigende grad eksterne netværk mellem virksomhederne (EDI-teknikker).

Konklusionerne peger på at anvendelse af IT får stigende betydning for produktionsvirksomheders konkurrenceevne. Virksomhedernes ledelse bliver mere engageret i udnyttelse af IT, og flere anser udnyttelse af IT for en konkurrenceparameter på lige fod med produktudvikling og rationaliseringer i produktionen. Der investeres flere penge i IT, og de fleste virksomheder oplever et pres fra leverandører og kunder for at anvende IT til den eksterne kommunikation.

Samtidig anføres det, at mange produktionsvirksomheder har vanskeligt ved at gennemskue opgaverne i de teknisk administrative funktioner, og derved rationalisere funktionerne gennem anvendelse af IT. [Industriens arbejdsgivere, 65] formulerer det således:

"Et centralt spørgsmål i den forbindelse er, hvordan en virksomhed kan få fat på de administrative opgaver, så de fremstår på en så gennemskuelig måde, at virksomheden kan få grundlag for en effektivisering og styring af de administrative funktioner"

D.v.s., at der er en øget interesse for anvendelse af IT i produktionsvirksomheder og samtidig en erkendelse af, at der mangler metoder og fremgangsmåder for analyse og modellering af det viden- og informationsarbejde i virksomheden, der skal understøttes og effektiviseres med IT.

[Christensen og Clausen, 25] har i 1992 gennemført en undersøgelse af produktionsvirksomheders anvendelse af IT i de tekniske funktioner. Undersøgelsen, der dækker 100 virksomheder i metal og elektronikbranchen, konkluderer bl.a. at de fleste virksomheder anvender EDB til konstruktion og produktionsforberedelse. De systemer der anvendes er generelle systemer som CAD, regneark og databasesystemer, mens mere avancerede, videntunge applikationer til f.eks. procesvalg kun anvendes i ringe grad.

I forbindelse med anvendelse af generelle videnbaserede systemer til understøtning af arbejdet i konstruktion og produktionsforberedelse har [Alting og Zhang, 2] gennemført en undersøgelse af anvendelsen af procesvalgssystemer (Computer Aided Process Planning, CAPP - systemer). I undersøgelsen, der omfatter ca. 150 CAPP - systemer, anføres:

"In spite of the fact that tremendous efforts have been made in developing CAPP systems, the benefits of CAPP in the real industrial environment are still to be seen."

Der er således investeret mange ressourcer i at udvikle generelle procesvalgssystemer, men de har endnu ikke (1989) vundet større udbredelse i industrien. Undersøgelsen konkluderer at en årsag til den manglende anvendelse af disse kan være et manglende overblik over udbudet af systemer og en manglende viden om hvilke kriterier, der skal ligge til grund for udvælgelse og vurdering af et CAPP - system.

Et andet aspekt kan være, at valg af processer er knyttet til den enkelte virksomheds produkt og produktionssystem, hvorfor det kan være vanskeligt at modellere alle relevante synsvinkler for valg af processer i et generelt system, der kan anvendes i flere virksomheder, uden at dette system bliver på et generelt niveau og kun vil kunne dække en mindre del af virksomhedens produktprogram.

Sammenfattende skal det fremhæves, som nævnt i afsnit 1.1, at aktiviteterne i det tekniske styringssystem forbruger en stadig større del af virksomhedens arbejdskraftressourcer. Af disse aktiviteter er det primært aktiviteterne i virksomhedens logistikflow (se figur 1), der indtil nu er blevet understøttet af generiske applikationer (som f.eks. MRP - systemer), der bidrager til at udføre en del af arbejdsrutinerne i disse funktioner, mens aktiviteterne i virksomhedens specifikationsflow med funktionerne konstruktion og produktionsforberedelse kun i mindre grad er blevet understøttet af værktøjer som f.eks. CAD og programmeringsudstyr, der ikke direkte bidrager til at udføre arbejdsrutiner (det egentlige ingeniørarbejde), men blot understøtter f.eks. tegne-arbejde og programmering.

Der er et stort potentiale i at understøtte engineering-aktiviteterne (ingeniørarbejdet) i virksomhedens specifikationsflow med IT, da virksomhederne forbruger en stigende del af arbejdsressourcerne hertil og da selve ingeniørarbejdet indtil nu kun i ringe grad er blevet

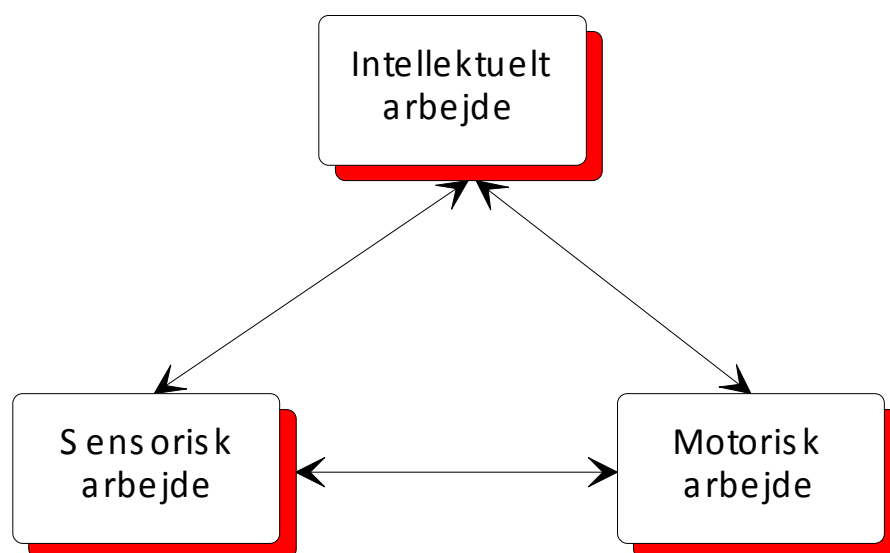
understøttet. Understøtning af disse aktiviteter er, som nævnt, knyttet til anvendelse af produkt- og produktrelaterede modeller, der indeholder ingeniørmæssig viden og information om produktet og f.eks. dets fremstillingsforløb.

Produkt- og produktrelaterede modeller indeholder viden og information om den enkelte virksomheds specifikke produkter og produktionssystem og må således opbygges individuelt for den enkelte virksomhed - evt. med anvendelse af generelle (købte) softwarekomponenter (se afsnit 2.2.5-2.2.7). I den forbindelse er det nødvendigt at fastlægge, hvilke aktiviteter, der skal understøttes og dermed hvilken viden og information modellen skal indeholde.

2.1.2 ANALOGI TIL TRADITIONEL ANALYSE OG RATIONALISERING AF ARBEJDE I PRODUKTIONEN

I det følgende vil jeg inddrage nogle af de teknikker, der anvendes til at analysere og beskrive det arbejde, der udføres i produktionen, og forsøge at drage en analogi mellem traditionel arbejdsanalyse i produktionen og analyse af det viden- og informationsarbejde, der udføres i det tekniske styringssystem.

I nedenstående figur 7 er alt arbejde opfattet som bestående af tre elementer; et intellektuelt element, et sensorisk element, og et motorisk element [Vesterager, 123, p 14]. Det motoriske element er direkte fysiske arbejds-elementer, som f.eks. at gribe eller at løfte. Det sensoriske arbejde er f.eks. registrering og identificering af emner, mens det intellektuelle arbejde f.eks. omfatter behandling af data (sanseindtryk) og forberedelse af operationen (viden- og informationsarbejde).



Figur 7. Arbejdets bestanddele [Vesterager, 123, p. 14].

I forbindelse med mekanisering af arbejdet i produktionen er det primært de fysiske arbejds-elementer (det tunge motoriske arbejde), der er understøttet med mekanisk teknologi. Dette

gælder typisk for den mekanisering, der er gennemført i enkeltstyk- og serieproducerende virksomheder, hvor maskiner udfører det tunge motoriske arbejde, mens det sensoriske og intellektuelle arbejde fortsat udføres af operatøren. Anvendelse af cnc-maskiner og sensorer er i den forbindelse et eksempel på hvorledes (IT) anvendes til at understøtte det sensoriske og intellektuelle arbejde i produktionen. Et andet eksempel er ved masseproduktion, hvor alle arbejds-elementer udføres automatisk, idet de sensoriske og intellektuelle arbejds-elementer i vid udstrækning mekanisk er fastfrosset i produktionssystemets opbygning (stiv automatik).

Ved masseproduktion er der foretaget en høj grad af forberedelse af det arbejde, der udføres, idet arbejdets elementer er analyseret, og i vid udstrækning automatiseret eller mekaniseret. Ved masseproduktion er der en højere grad af forberedelse (og automatisering) end f.eks. ved serieproduktion.

Arbejdsforberedelse er her defineret generelt som det forarbejde, der udføres inden selve arbejdsoperationen udføres. Forarbejdet er således bl.a. en analyse af hvilke hjælpemidler (maskiner og værktøjer) det kan betale sig at anskaffe eller udvikle til selve arbejdsoperationens udførelse. Graden af understøtning (her mekaniseringsgraden) kaldes i det følgende generelt for arbejdsforberedelsesgraden.

I forbindelse med mekanisering af produktionen fastlægges den optimale arbejdsforberedelsesgrad ud fra en analyse af arbejdets karakter og den hyppighed (frekvens) hvormed det udføres. Ved analyse af arbejdets karakter menes en analyse og beskrivelse af arbejdets elementer, og en fastlæggelse af sammenhængen mellem opgaven (arbejdselementet) og de maskiner/værktøjer, der kan understøtte opgaven.

Ved rationalisering af de mekaniske arbejdsoperationer i produktionen findes metoder til at analysere og specificere arbejdet, idet de enkelte operationer nedbrydes i veldefinerede deloperationer, efter nedenstående fire hovedkategorier;

- udføre proces
- inspicere
- transportere
- lagre

De enkelte deloperationer kan derefter yderligere nedbrydes f.eks. efter principperne for MTM-analyse (Methods Time Measurement), der anvendes til at klassificere manuelle arbejdsoperationer, idet den enkelte deloperation nedbrydes i såkaldte grundelementer som; strække, flytte, vride, trykke, gribe, tilpasse, slippe, og løsne.

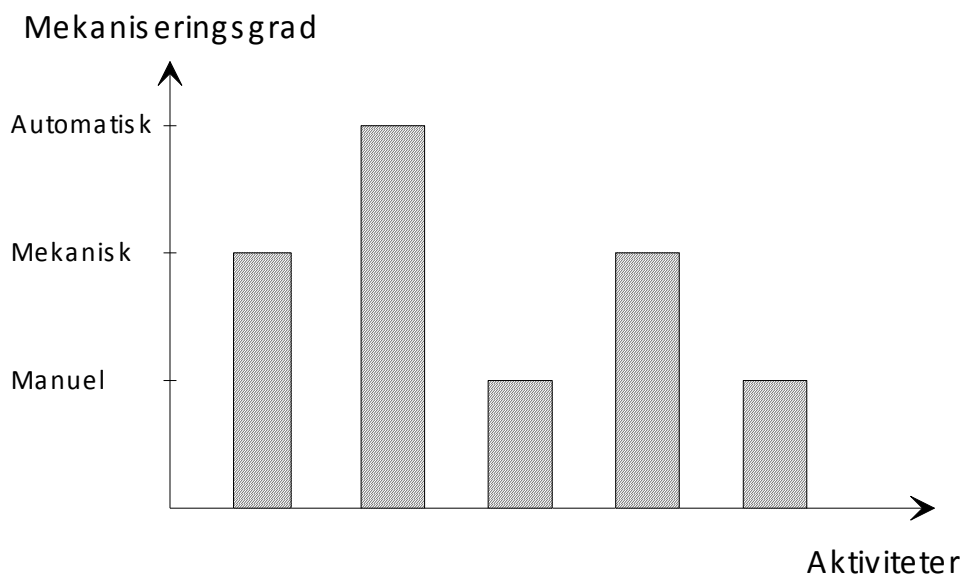
De operationer, der analyseres kan enten være rent manuelle, eller udføres i samspil med en maskine. I det sidste tilfælde udføres en såkaldt mand-maskine analyse, der beskriver de deloperationer, der udføres af medarbejderen henholdsvis maskinen og deres indbyrdes rækkefølge.

Formålet med at analysere arbejdsoperationerne på denne måde er dels at fastlægge tidsforbruget ved operationen og dels at minimere tidsforbruget ved at optimere de deloperationer, der udføres. Optimering af deloperationer kan opnås på flere måder. Der kan gennemføres mindre ændringer på produktet, så det f.eks bliver lettere at montere. Der kan foretages en ændret

tilrettelæggelse af arbejdet ved at ændre rækkefølge og indhold af de enkelte deloperationer. Og endelig kan operationen forbedres ved at ændre på det udstyr (maskine, værktøj eller

fixtur) der anvendes. I det sidste tilfælde er det den detaljerede analyse af operationen, der danner baggrund for mekanisering af grundelementer, der tidligere blev udført manuelt.

I forbindelse med et produktionsforløb er der ofte en kombination af manuelle, mekaniske, og automatiske operationer. I nedenstående figur 8 er vist hvorledes forskellige operationer i en operationssekvens kan udføres med varierende mekaniseringsgrad. Et eksempel herpå er ved montagelinier, hvor der i mange virksomheder findes en blanding af manuelle, mekaniske, og automatiske arbejdspladser.



Figur 8. Arbejdsforløb med varierende mekaniseringsgrad.

Manuelle operationer betegner et arbejdsforløb hvor operatøren, evt. med begrænsede mekaniske hjælpemidler, selv styrer og udfører arbejdsprocessen. Mekaniske operationer betegner et arbejdsforløb, hvor det motorisk/ mekaniske arbejde primært udføres af en maskine, mens operatøren fortsat styrer arbejdsforløbet (og evt. samvirker med maskinen), mens en automatisk operation udføres uden operatørens direkte medvirken, idet operatøren her typisk kun varetager overvågning og kontrol af arbejdsprocessen.

I forbindelse med analyse af arbejdet i virksomhedens tekniske styring kan man på tilsvarende måde tale om varierende grad af IT-understøtning. En operation (eller arbejdsrutine) kan udføres uden anvendelse af IT (svarende til en manuel operation). Operationen kan udføres i et samspil med IT, hvor IT understøtter funktionen (svarende til en mekaniseret operation), eller den kan udføres automatisk alene ved anvendelse af IT (svarende til en automatiseret operation).

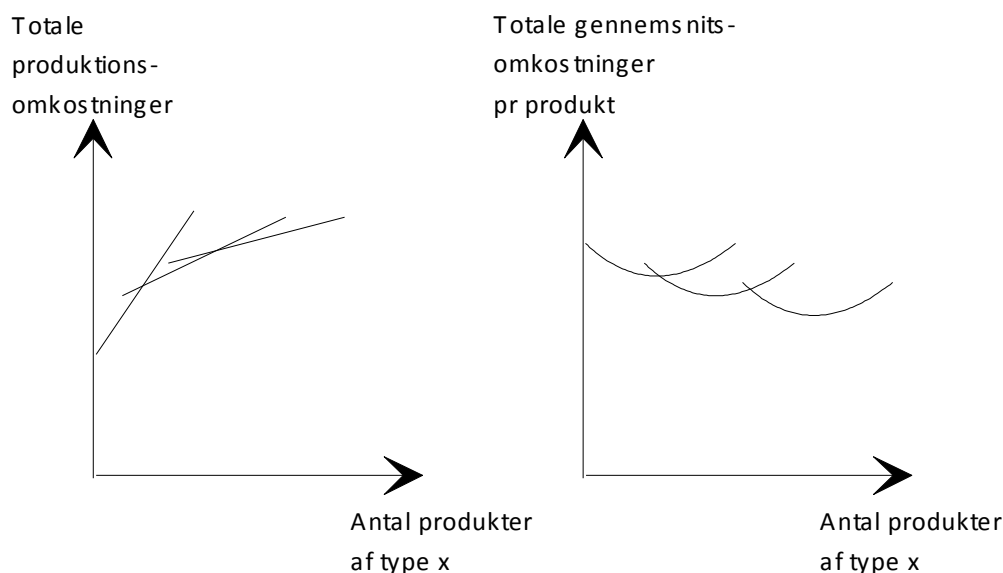
Sammenhængen mellem opgaven og værktøj/maskine kaldes korrespondens, hvor der ved høj korrespondens menes, at værktøj/maskine i høj grad kan understøtte arbejdet, der skal udføres.

I forbindelse med korrespondens mellem opgave og værktøj angiver begrebet værktøjshomogenisering en udvikling af værktøjer, der kan understøtte mange forskellige opgaver, f.eks. universalgribere, bearbejdningscentre m.v. Tilsvarende angiver begrebet opgavehomogenisering,

at de opgaver, der skal udføres på en given maskine/værktøj, er gjort ens set ud fra en værktøjssynsvinkel (værktøj er her opfattet som et generelt hjælpemiddel, d.v.s. både maskiner, værktøjer, fixturer m.v.). Opgavehomogenisering ud fra en værktøjssynsvinkel anvendes ofte i forbindelse med klassificering af emner (f.eks. v.h.a. gruppeteknologi), der skal bearbejdes, således at disse er f.eks. bearbejdningens, håndteringsens, montageens m.v. Tilsvarende sigter de forskellige "Design for X" metoder mod at konstruere produkter, der er ens m.h.t. f.eks. bearbejdning, håndtering, og montage. Omvendt kunne et "manufacturing for design" review sigte mod en værktøjshomogenisering.

I det tekniske styringssystem er det, som nævnt, primært viden- og informationsarbejde, der udføres. Ved at understøtte aktiviteter i den tekniske styring med IT ved f.eks. at opbygge systemer til specifikation af produktet og dets fremstillingsforløb, kan man på tilsvarende måde tale om at gøre produkterne specifikationsens (konstruktionsens, produktionsforberedelsesens, o.s.v.) [Vesterager, 123].

Kriteriet for hvornår det er optimalt at understøtte en eller flere deloperationer maskinelt er, at operationen skal kunne beskrives entydigt (være analyserbar), operationen skal udføres på samme måde fra gang til gang, hvilket bl.a. indebærer, at de emner, der skal bearbejdes i operationen, skal være ensartede set fra en værktøjssynsvinkel. Og endelig er det nødvendigt for at en investering i maskine eller udstyr kan være rentabel, at operationen udføres med en tilstrækkelig hyppighed.



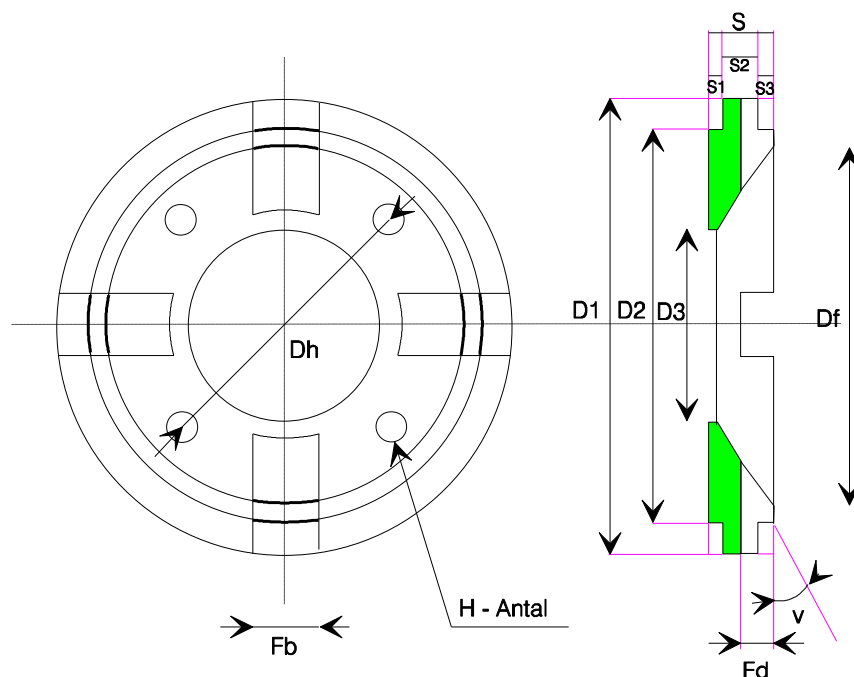
Figur 9. Stykomkostninger ved forskellige mekaniseringsgrader.

Ovenstående kriterier er udledt af et overordnet økonomisk kriterie; nemlig opnåelse af lavest mulige stykomkostninger (totale gennemsnitsomkostninger). I figur 9 er vist stykomkostninger ved varierende mekaniseringsgrader, idet de totale produktionsomkostninger er opdelt i faste og variable omkostninger. Ved fremstilling af produkter i et stort volumen kan der gennemføres

en høj grad af produktionsforberedelse og mekanisering, hvorved de variable enhedsomkostninger, og dermed de totale gennemsnitlige stykomkostninger, minimeres.

Det interessante ved at gøre produkter X-ens ved en kombination af opgave- og værktøjshomogenisering er, at man derved opnår et højere volumen af ensartede operationer, således at man rykker længere ned på den totale stykomkostningskurve. Dette forhold er alment kendt ved opbygning af produktionssystemer, men tilsvarende overvejelser vil også være relevant ved opbygning af systemer til understøtning af virksomhedens specifikationsarbejde.

Et vigtigt redskab til at gruppere produktkomponenter efter bestemte fremstillingsmetoder er anvendelsen af gruppeteknologi [Burbidge, 19], [Sant, 110]. Til gruppering af emner anvendes klassifikationssystemer, der grupperer komponenter efter forskellige kriterier, eksempelvis gruppering af aksler efter kriterier for udførelse af drejeoperationer, f.eks geometri, materiale, og overflade. Der findes et større antal gruppeteknologiske klassifikationssystemer og forskellige metoder for gruppering af emner.



Serie-størrelse	Tegn nr	Kl.nr.	D1	D2	D3	Df	Dh	S	S1	S2	S3	Fd	Fb	H	Antal	V°
20	1	01102-3900	80	67,7	27	-	56	12	2	-	-	-	-	8,4	2	-
40	2	01102-3900	80	67,7	21	-	56	10	2	-	-	-	-	8,4	2	-
30	3	01102-3910	80	67,7	30	64	56	17	-	-	4	-	-	8,4	2	20
80	4	01102-3910	100	87	27	82	78	24	-	-	5	-	-	8,4	4	30
25	5	01102-3910	80	67,7	24	56	56	17	-	-	4	-	-	8,4	2	15
45	6	01132-3910	100	87,9	27	-	78	18	3	-	-	5	16	8,4	4	-
100	7	01132-3910	80	67,7	27	-	56	16	2	-	-	5	15	8,4	2	-
70	8	01132-3900	80	67,7	21	-	56	15	2	-	-	5	15	8,4	2	-
90	9	01102-3900	100	87,9	27	-	78	13	3	-	-	-	-	8,4	4	-
70	10	00100-2900	67,7	-	21	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-
80	11	00100-2900	67,7	-	27	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-
75	12	00102-3900	80	67,7	27	-	56	10	2	-	-	-	-	8,4	2	-
50	13	01132-3900	80	67,7	27	-	56	15	2	-	-	5	15	8,4	2	-
85	14	01102-3900	80	67,7	30	64	56	17	-	-	4	-	-	8,4	2	20
60	15	01132-3900	100	88	30	82	78	24	-	-	5	-	-	8,4	4	30
75	16	04102-3900	100	88	27	-	78	16	3	5	3	-	-	8,4	4	-
90	17	01100-3900	87,5	75	27	-	-	10	2	-	-	-	-	-	-	-

Figur 10. Komplekskomponent med 17 instanser [Sant, 110, p. 206].

I ovenstående figur 10 er vist et eksempel på en såkaldt komplekskomponent, der beskriver en gruppe af komponenter med ensartede fremstillingsegenskaber.

Gruppeteknologi er i sin oprindelse knyttet til en gruppering af produktkomponenter efter fremstillingsmetode, d.v.s. teknologi i ordet gruppeteknologi må tillægges betydningen frem-

stillingsteknologi. [Sant, 110] drager en analogi mellem fremstillingsprocesser og beslutningsprocesser, hvor gruppeteknologi for en beslutningstager betyder, at han skal sammenholde ensartede opgaver og udarbejde en løsning til gruppen af opgaver, fremfor en specifik løsning til hver enkelt opgave.

Videre anføres [Sant, 110, p.37]:

"Gruppeteknologiens oprindelige ide om samtidig bearbejdning af teknologisk ensartede produkter udvides på to områder: Produkter erstattes med det mere omfattende begreb opgaver, og betingelsen om samtidighed i den gruppevise bearbejdning udgår."

D.v.s. der lægges op til at anvende gruppeteknologi på viden- og informationsarbejde (beslutningsprocesser). I forlængelse heraf konkluderes, at med de eksisterende klassifikationssystemer (1976) er der begrænsede muligheder for at gruppere ensartede opgaver - det er kun muligt at gruppere opgaver i den industrielle organisation med nær tilknytning til et produkts tilblivelse.

Gruppeteknologi kan således opfattes som en måde til at gruppere enslydende opgaver, så man opnår en større hyppighed og derved kan foretage en højere grad af arbejdsforberedelse og dermed bevæge sig længere nedad stykomkostningskurven vist i figur 9. Tankegangen i gruppeteknologi genfindes ved anvendelse af produktmodellering, hvor man samler viden og information om enslydende produkter i en model, der danner baggrund for programmering af en applikation, der kan understøtte specifikationsarbejdet.

I dette Ph.D.-projekt er der således tale om at gruppere enslydende specifikationsopgaver og understøtte disse ved anvendelse af produktmodellering. Forudsætningen for anvendelsen af produktmodellering er, ifølge [Dataforeningen i Sverige, 34], at der kan opstilles en principbeskrivelse af et produkt (svarende til en komplekskomponent), der indeholder en beskrivelse af produktets grundlæggende struktur med fastlæggelse af hvilke dele, der kan varieres og de variationsmuligheder, der tillades indenfor systemet.

2.1.3 SAMMENFATNING

I dette afsnit er funktionerne i virksomhedens tekniske styring beskrevet. Der peges på behovet for at analysere, udvikle og understøtte de enkelte funktioner med IT, på samme måde som det direkte arbejde i produktionen tidligere er blevet analyseret og understøttet med mekanisk teknologi.

Hidtil har virksomhedernes anvendelse af IT fokuseret på understøtning af aktiviteter, der er generiske (eller ensartede) for en række virksomheder, som f.eks. en del af aktiviteterne i virksomhedernes logistikflow, mens aktiviteterne i virksomhedernes specifikationsflow, der er mere specifikke for den enkelte virksomhed i relation til virksomhedens produkter og produktions-system, kun i mindre grad er blevet understøttet med generelle applikationer som f.eks. CAD og programmeringsudstyr.

I dette projekt fokuseres på aktiviteterne i konstruktion og produktionsforberedelse. Analyse af specifikationsaktiviteterne i disse funktionerne bidrager til at fastlægge indhold og struktur af produkt- og produktrelaterede modeller (se afsnit 2.3.3), der understøtter specifikationsarbejdet i konstruktion og produktionsforberedelse. Viden og informationsindholdet i de aktiviteter, der skal understøttes, dikterer den viden og information, der skal modelleres i produkt- og produktrelaterede modeller.

Der peges her på en analogi til traditionel arbejdsanalyse i produktionen, idet kriterierne for fastlæggelse af hvilken arbejdsforberedelsesgrad, der skal vælges i produktionen, kan danne baggrund for at udvælge de aktiviteter i konstruktion og produktionsforberedelse, der skal understøttes, og dermed fastlægge graden af IT-understøtning af de enkelte specifikationsaktiviteter, på samme måde som produktionen hidtil er blevet analyseret og understøttet med mekanisk teknologi.

I forbindelse med fastlæggelse af arbejdsforberedelsesgraden er der desuden en sammenhæng til den tidligere anvendelse af gruppeteknologi i produktionen, hvor man har søgt at gruppere emner med ensartet bearbejdning, for derved at øge styktallet (eller hyppigheden) og dermed den optimale arbejdsforberedelsesgrad med lavere stykomkostninger til følge.

Gruppeteknologibegrebet er her udvidet til også at omfatte gruppering af ensliggende opgaver (eller viden og informationsarbejde) i virksomhedens specifikationsflow. Gruppeteknologi er endvidere knyttet til anvendelsen af produktmodellering, idet en af forudsætningerne for anvendelse af produktmodellering er, at det er muligt at opstille en principbeskrivelse af virksomhedens produkter, der omfatter et antal varianter indenfor en given produktfamilie.

I forbindelse med analyse og modellering af viden og information findes i dag en række analyse- og modelleringsteknikker, analog til de teknikker, der anvendes til at analysere og modellere det direkte arbejde i produktionen. I det følgende afsnit vil jeg introducere en række af disse metoder, der anvendes til at analysere og modellere viden og information, og herunder de forskellige synsvinkler (eller beskrivelsesorienteringer), der indgår i det samlede forløb (projektlivscyklus) ved opbygning af IT-systemer.

2.2 MODELLERING AF VIDEN OG INFORMATION

I dette afsnit vil jeg indledningsvis introducere nogle af de grundlæggende begreber ved modellering af viden og information, herunder tre-skema arkitekturen og dens relation til CIM-projektlivscyklen. Tre-skema arkitekturen er taget med som et eksempel på hvorledes der ved opbygning af IT-systemer udarbejdes forskellige afbildninger af systemet, der hver især understøtter forskellige faser ved udvikling af IT-systemer (projektlivscyklen).

Der vil blive foretaget en kortfattet introduktion til IDEF-modellering (funktionsmodellering IDEF0, og informationsmodellering IDEF1), samt en beskrivelse af objektorienteret modellering, der er generelle metoder til analyse og modellering af viden- og information. IDEF0-modellering er beskrevet, da denne modelleringsmetode indgår som et element i projektets hypotese, præsenteret i kapitel 3, der omfatter den samlede *fremgangsmåde* for opbygning af IT-systemer til understøtning af aktiviteterne i virksomhedens specifikationsflow. IDEF1 modellering er primært gennemgået, da en række af de grundlæggende begreber ved IDEF1 informationsmodellering er identisk med de begreber, der anvendes ved objektorienteret modellering.

Objektorienteret modellering er beskrevet mere indgående, da denne modelleringsteknik anvendes gennem de fleste faser i den samlede *fremgangsmåde*, præsenteret i kapitel 3. I tilknytning til de nævnte modelleringsteknikker er der foretaget en gennemgang af de tilhørende modeller for projektlivscyklus (henholdsvis ICAM's projektlivscyklus for IDEF-modellering og den objektorienterede projektlivscyklus), da disse, som nævnt afsnit 1.3, danner baggrund for forløbet i den samlede *fremgangsmåde*. Der er lagt særlig vægt på formulering af den objektorienterede projektlivscyklus, da denne direkte anvendes gennem en række faser i hypotesens *fremgangsmåde*.

Endelig er CIM/OSA referencemodellen og STEP standarden beskrevet, da disse bidrager til opbygning af standarder og rammesystemer indenfor området. CIM/OSA og STEP er ikke anvendt direkte i dette projekt, men er beskrevet, da det på længere sigt vil være relevant at følge disse standarder (primært STEP), dels da det herved bliver muligt på sigt at indkøbe standardmoduler, der kan indgå i det samlede IT-system, og dels da det letter den eksterne kommunikation mellem virksomheder.

De nævnte begreber, teknikker og referencemodeller udgør et væsentligt grundlag for at kunne analysere og modellere viden og information i et givet domæne. I dette projekt udgør de grundlaget (de informationsteknologiske værktøjer) for at kunne opbygge applikationer (baseret på produkt- og produktrelaterede modeller, der vil blive uddybende behandlet i afsnit 2.3.3), der kan understøtte viden- og informationsarbejdet i forbindelse med specifikation af produktet og dets fremstillingsforløb.

2.2.1 DATA- OG VIDENREPRÆSENTATIONSFORMER

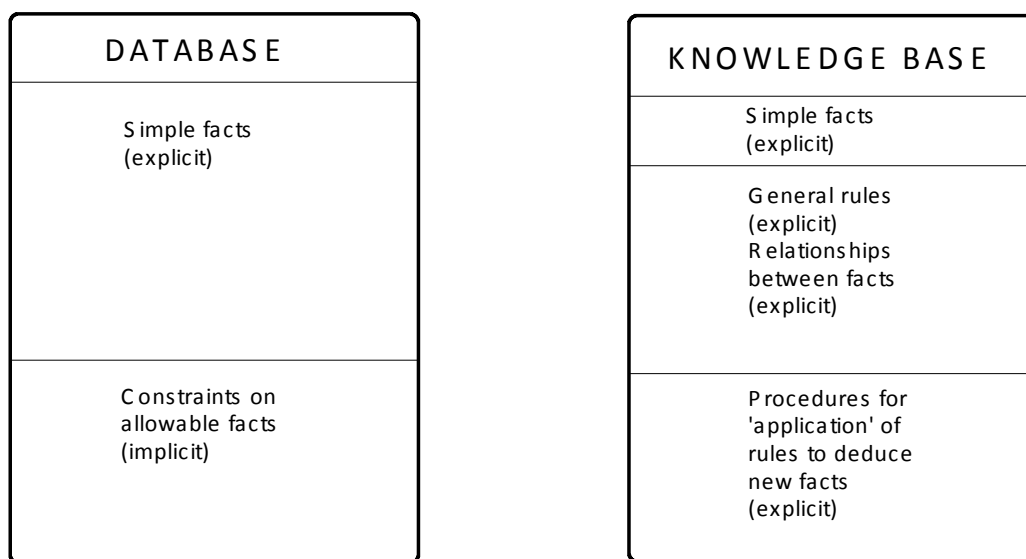
Ved modellering af viden- og informationssystemer afbildes data, information, og viden. I dette afsnit vil jeg indledningsvis forklare de tre begreber, og dernæst kort redegøre for principperne ved forskellige former for videnrepræsentation.

For at definere data, information og viden henvises til den menneskelige erkendelsesproces. Data har i den forbindelse først betydning når de sættes ind i en bestemt sammenhæng (referenceramme). Når mennesker modtager data fra omgivelserne eksempelvis en talværdi, et udsagn ('han gik'), en togfløjte o.s.v., får disse data først mening når de sættes ind i en bestemt sammenhæng.

Dette kan forklares med et eksempel. [Kerr, 76, p. 65] nævner et eksempel med en togfløjte (data), hvor forskellige mennesker, der hører fløjten tillægger lyden (data) vidt forskellig informationsværdi. For den ensomme hustru betyder det at manden kommer hjem, for sabotøren at missionen måske mislykkes, og for ham, der har fået foden i klemme i skinnerne betyder fløjten en snarlig ulykke. Data i en bestemt sammenhæng (frames of reference) kaldes information.

Viden er knyttet til menneskets evne til, ud fra givne informationer, at ræsonnere sig til nye informationer, d.v.s. at viden kan opfattes som et system af data, abstraktioner, teorier og modeller, der tilsammen er i stand til at modtage og tolke data, og derved generere nye informationer.

Et system der ved hjælp af regler og procedurer, med udgangspunkt i et eksisterende informationsgrundlag (simple facts), er i stand til at generere ny information kaldes en videnbase (knowledge base). En videnbase omfatter både deklarativ og procedural viden. Deklarativ viden (what knowledge) består af informationer og relationer mellem informationer, mens procedural viden består af procedurer, der kan generere nye informationer.

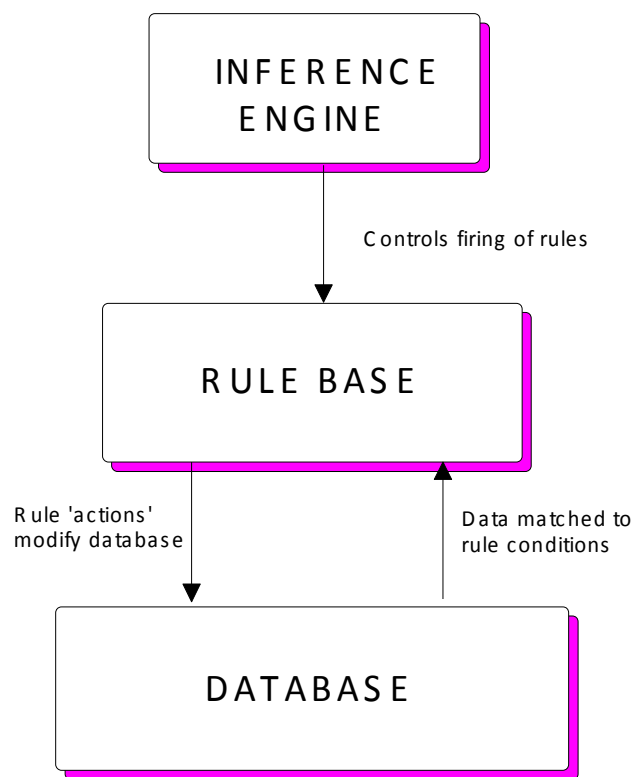


Figur 11. Forskelle mellem en database og en videnbase [Kerr, 76, p.112]

I figur 11 er vist indholdet i henholdsvis en database og en videnbase. Databasen indeholder informationer og indirekte (implicit) begrænsninger på mulige kombinationer af information. Videnbasen indeholder dels informationer og generelle regler og relationer mellem informationer (deklarativ viden), og dels procedurer for anvendelse af regler og eksisterende information til generering af ny information (procedural viden).

Der findes en række forskellige metoder til at repræsentere viden, eksempelvis logik-baserede, regel-baserede og objektorienterede metoder, der alle er baseret på "pattern of direct inference", d.v.s. en metode hvor der, med udgangspunkt i eksisterende informationer og veldefinerede regler, genereres nye informationer, i modsætning til f.eks. neurale netværk, der tager udgangspunkt i et sæt af informationer, og derudfra søger at udlede regler for generering af disse informationer (deduktionsmaskiner versus induktionsmaskiner).

Regelbaserede systemer består af en database, en regelbase, og en inferens-maskine, hvor inferensmaskinen indeholder procedurer der aktiverer regler i regelbasen i en given rækkefølge, og derved genererer nye informationer. Reglerne består af IF-THEN sætninger, der kan modelleres i et beslutningstræ. Søgning og aktivering af regler foregår enten forlæns eller baglæns i træstrukturen efter procedurer fastlagt i inferensmaskinen. Figur **Fejl! Bogmærke er ikke defineret.** viser elementerne i et regel-baseret system.



Figur 12. Elementer i et regelbaseret system [Kerr, 76, p. 127].

Logikbaserede systemer bygger på enkle udsagn der kan sammensættes med forbindelserne:

AND	logisk symbol \cap (disjunction)
OR	logisk symbol \cup (conjunction)
NOT	logisk symbol \sim (negation)
IMPLIES	logisk symbol \rightarrow (implication)

De enkelte udsagn tildeles værdien sand eller falsk, hvorefter værdien af sammensatte udsagn beregnes ved hjælp af den grundlæggende algebra for kombinationer af udsagnenes sandhedsværdier. Ved at kombinere udsagn med kendte sandhedsværdier, kan der således udledes ny

viden ved at beregne sandhedsværdien af de sammensatte udsagn. Ved programmering af logikbaserede systemer anvendes eksempelvis programmeringssproget PROLOG.

Objektorienteret analyse bygger på anvendelsen af semantiske net, d.v.s. et netværk hvor de enkelte objekter og deres indbyrdes relationer beskrives. En knude i et semantisk netværk kan enten være et objekt eller en klasse af objekter. Et semantisk net minder på mange måder om det netværk, der fremkommer ved entity-relationship diagrammering, men adskiller sig ved, at de enkelte knuder i netværket (objekterne) udover at indeholde informationer også kan tildeles en adfærd. Desuden indeholder semantiske net strukturer (frames), d.v.s. en klassificering af objekter i hierarkier, der enten kan være et generalisering-specialiserings hierarki, eller et hierarki af objekter, der indgår i en helhed (whole-part strukturer)

Det semantiske net kan ligeledes bidrage til at strukturere regler ved regelbaseret modellering, idet de enkelte regler modelleres indenfor rammerne af det enkelte objekt. I objektorienteret analyse kan der således indgå elementer fra både regelbaseret og logikbaseret modellering. Objektorienteret analyse kan understøttes af objektorienterede programmeringssprog som f.eks. SMALLTALK eller C++. Den objektorienterede repræsentationsform er nærmere beskrevet i afsnit 2.2.4.

2.2.2 TRE-SKEMA-ARKITEKTUR OG PROJEKTLIVSCYKLUS

2.2.2.1 TRE-SKEMA-ARKITEKTUR

I forbindelse med modellering af viden- og information anvendes forskellige synsvinkler. Zachmann drager en parallel til bygning af huse, hvor der udarbejdes en række beskrivelser af huset - f.eks. en skitse af husets indretning til brug for køberen, en detailtegning af elektriske installationer til brug for elektrikerens o.s.v., og anfører at ved opbygning af informationssystemer skal der på tilsvarende måde udarbejdes forskellige afbildninger af systemet [Zachmann, 132].

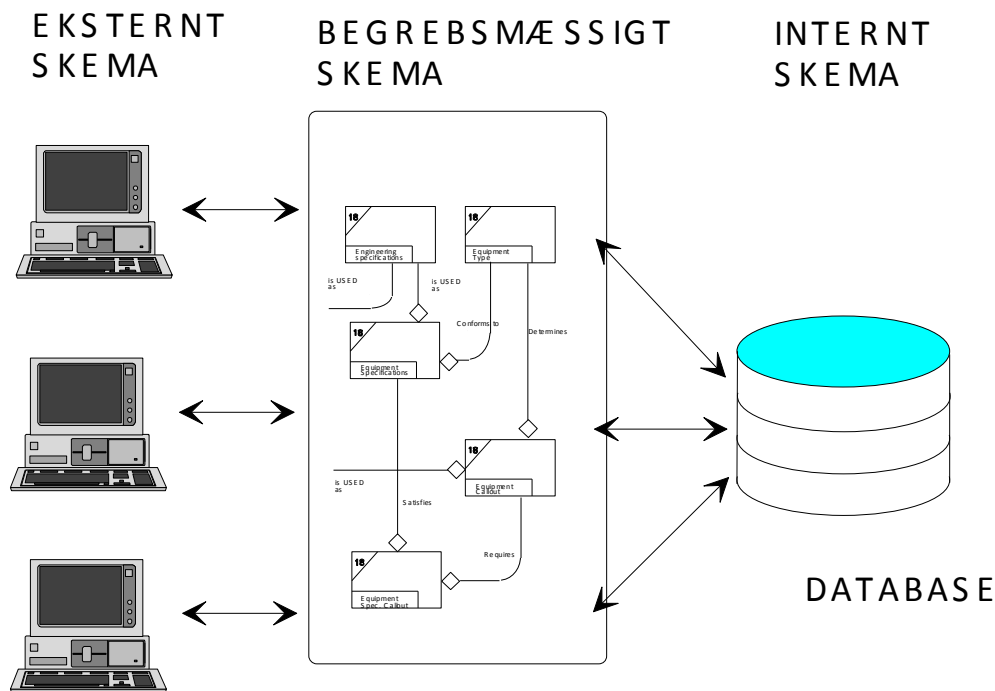
Zachmann introducerer tre forskellige beskrivelsesorienteringer ved opbygning af informations-systemer, der afbilder henholdsvis systemets data (entiteter), systemets processer (funktioner), og det fysiske netværk. Zachmann kombinerer de tre dimensioner med et antal synsvinkler (kaldet perspektiver), der er relevante for de enkelte beskrivelsesorienteringer i arkitekturen (se figur 13).

	Data description	Process description	Network description
Scope description (ballpark view)	List of entities important to the business	List of processes the business perform	List of locations in which the business operates
Model of the business (owner's view)	E.g. entity/relationship diagram	E.g. functional flow diagram	E.g. logistic network
Model of the information system (designers view)	E.g. data model	E.g. data flow diagram	E.g. distributed systems architecture
Technology model (builders view)	E.g. data design	E.g. structure chart	E.g. system architecture
Detailed description	E.g. data base description	E.g. program	E.g. network architecture
Actual system	Data	Function	Communications

Figur 13. Beskrivelsesorienteringer og synsvinkler ved opbygning af informationssystemer [Zachmann, 132, p.285].

Indenfor den enkelte beskrivelsesorientering danner de enkelte synsvinkler et forløb, hvor man går fra et overordnet niveau (og en forholdsvis grov systembeskrivelse) mod en mere detaljeret (implementeringsorienteret) systembeskrivelse. Indholdet i matrixen udgør et samlet rammesystem (framework) for opbygning af informationssystemer.

I forbindelse med opbygning af informationssystemer (databaser) anvendes en såkaldt tre-skema-arkitektur vist i figur 14, der på mange måder minder om Zachmann's rammesystem for opbygning af informationssystemer. Det første element, det eksterne skema, omfatter en beskrivelse af domænet, og en identificering af de objekter (entiteter), der skal medtages i modellen. Dette skema vil typisk kunne understøttes af en IDEF0 funktionsmodel, samt de første faser i en IDEF1 informationsmodel.



Figur 14. Treskema arkitektur [Vesterager m.fl., 127].

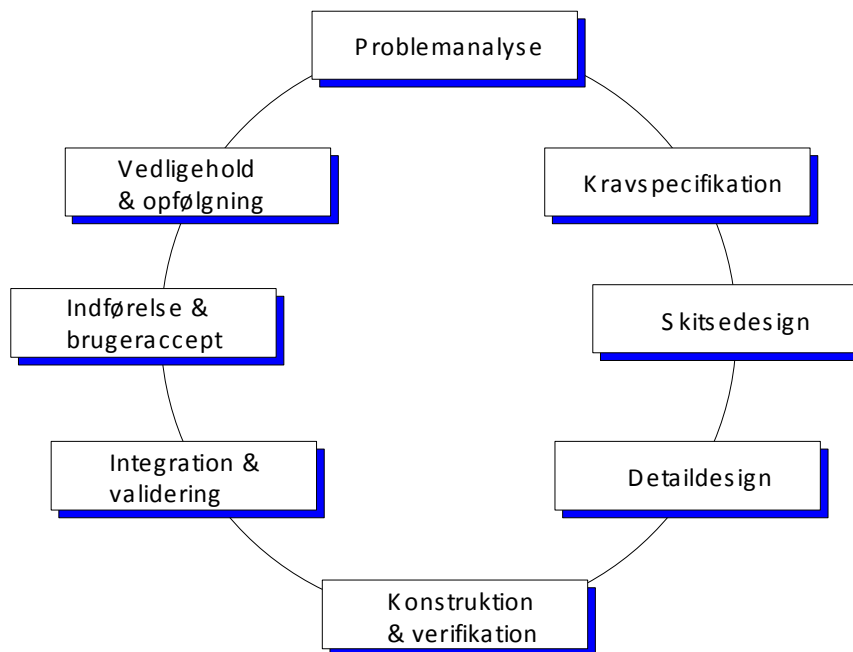
Det begrebsmæssige skema repræsenterer den formelle og logiske opbygning af databasen, med detaljeret angivelse af alle entiteter, attributter, relationer m.v. Det sidste element omfatter den fysiske lagring af modellen (internt skema), d.v.s. programmering af databasen med fastlæggelse af filer, variabelerkklæringer, pointers m.v.

I relation til den viste tre-skema-arkitektur er der, i forbindelse med ICAM-projektet [Vesterager, 124], opbygget en projektlivscyklus, der beskriver aktiviteterne ved udvikling og vedligeholdelse af informationssystemer (i ICAM-projektet er der primært knyttet an ved anvendelse af relationsdatabaser). IDEF-modelleringsteknikkerne understøtter primært analysefasen. Designfasen understøttes af traditionel dataflowdiagrammering, og, specielt i de første trin, også af IDEF1 informationsanalyse.

Ved anvendelse af f.eks. tre-skema arkitekturen understøttes arbejdet med at gennemføre en modellering af viden og informationer indenfor et givet domæne (fænomen) og transformere denne fænomenmodel til en egentlig systembeskrivelse, der kan danne grundlag for opbygning af en applikation.

2.2.2.2 ICAM'S PROJEKTLIVSCYKLUS

ICAM-projektet [Vesterager, 124] har, som nævnt, formuleret forløbet ved opbygning af informationssystemer i den såkaldte projektlivscyklus. Projektlivscyklen, vist i figur 15, indeholder 4 hovedfaser; analyse, design, programmering/ implementering, og ændring/ vedligeholdelse. Analysefasen indeholder dels en behovsanalyse, hvor der foretages en modellering af domænet som det er (AS IS), og dels en kravsspecifikation, hvor der opbygges en model, der viser systemets fremtidige struktur og virkemåde (TO BE).



Figur 15. ICAM's projektlivscyklus [Vesterager m.fl., 127].

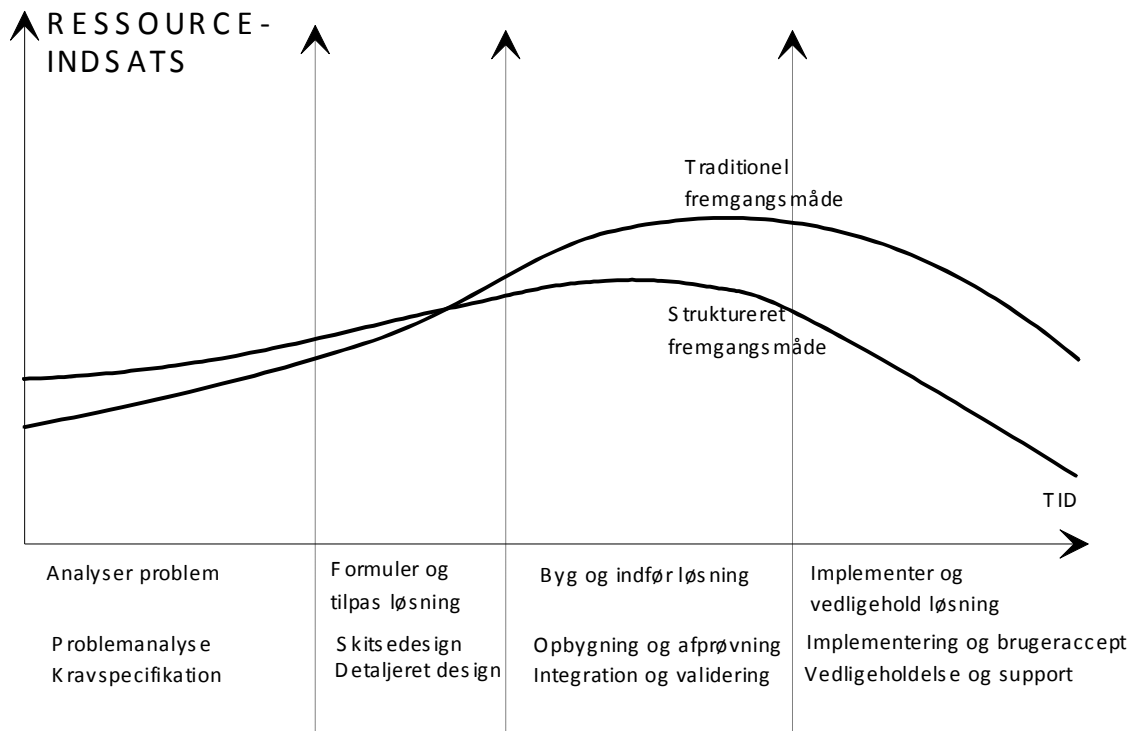
ICAM's projektlivscyklus og de tilhørende modelleringsteknikker (IDEF0 og IDEF1) er overført til danske forhold via det såkaldte CIM/GEMS-projekt [Vesterager, 124], der var et flerårigt forsknings- og udviklingsprogram, hvis primære formål var at overføre resultater fra det amerikanske ICAM-projekt til anvendelse i danske industrivirksomheder. I CIM/GEMS-projektet er projektlivscyklen suppleret med en fremgangsmåde, hvor designfasen er opdelt i opbygning af foreløbige design med vurdering af forskellige alternativer, der anvendes i dialog med brugeren (domæneeksperten), og et detaljeret design, der danner grundlag for programmering af systemet.

Det skal i øvrigt bemærkes at notationen ved dokumentation af systemets design afviger fra IDEF notationen anvendt i analysefasen, idet der, som nævnt, i designfasen, ud over IDEF1 modellering, også anvendes traditionel dataflow-diagrammering, og i det detaljerede design f.eks. pseudoprogrammering.

Forløbet er vist som en cyklus ud fra den betragtning, at der ved vedligeholdelse af systemet gennemløbes en ny cyklus i projektlivscyklen, idet der gennemføres de samme aktiviteter, som ved opbygning af den første version af systemet. Arbejdsforløbet kan således gennemføres vilkårligt mange gange i et givet domæne, idet det grundlæggende er de samme aktiviteter, der skal udføres, hvad enten det er udvikling af et nyt system eller ændring af et eksisterende system.

ICAM-projektets begrundelse for at introducere projektlivscyklen var et ønske om, at opnå en mere struktureret fremgangsmåde ved udvikling af EDB-systemer. Ved projektlivscyklen lægges vægt på at der gennemføres analyse og design, hvor systemets indhold og struktur fastlægges og evalueres inden det egentlige programmeringsarbejde igangsættes. Derved reduceres de samlede omkostninger ved udviklingsarbejdet, idet arbejdsindsatsen ved analyse og design,

som vist i figur 16 som regel medfører en væsentlig reduktion af indsatsen ved programmering, implementering og vedligeholdelse.



Figur 16. Besparelse ved anvendelse af en struktureret fremgangsmåde [Vesterager m.fl., 127].

ICAM's projektlivscyklus bidrager til en strukturering og opdeling af arbejdet med udvikling af EDB-systemer, og omfatter såvel den tekniske som den ledelsesmæssige side af udviklingsarbejdet. D.v.s. projektlivscyklen dels understøtter de tekniske aktiviteter med udvikling af EDB-systemer, og dels er et ledelsesredskab til styring og organisering af større udviklingsprojekter, idet projekterne kan nedbrydes i en række delaktiviteter med et veldefineret resultat, f.eks. AS-IS model, TO-BE model, foreløbigt design o.s.v.

2.2.2.3 DEN OBJEKTORIENTEREDE PROJEKTLIVSCYKLUS

Det objektorienterede paradigme for systemudvikling søger at integrere de enkelte faser i projektlivscyklen, ved, tidligt i analysefasen, at identificere objekter i det domæne systemet omfatter. De identificerede objekter udvikles og detaljeres derefter gennem samtlige faser i projektlivscyklen, der i øvrigt indeholder de samme faser som ICAM's projektlivscyklus:

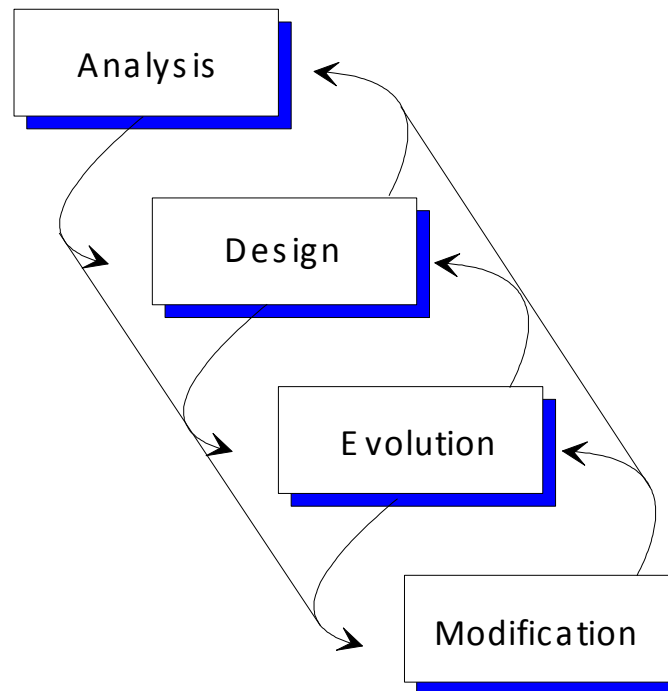
Analyse

Design

Udvikling/ implementering

Ændring/ vedligeholdelse

I nedenstående figur 17 er vist den objektorienterede projektlivscyklus, der sammenlignet med ICAM's projektlivscyklus giver mulighed for lettere at springe rundt mellem de enkelte faser i systemudviklingen. Dette skyldes at der, i modsætning til tidligere, hvor systemudviklere måtte skifte repræsentationsform mellem de enkelte faser, anvendes samme opdeling og grundlæggende repræsentationsform gennem samtlige faser i systemudviklingen - det er de samme objekter, der optræder gennem de enkelte faser i projektlivscyklen.



Figur 17. Den objektorienterede projektlivscyklus [Booch, 16, p. 200].

Modellen ligner den klassiske "vandfaldsmodel," hvor det med pilenes overlap og de tilbageførende pile er forsøgt at vise, at systemudvikling baseret på det objektorienterede paradigme, giver bedre mulighed for, som nævnt, at springe mellem de enkelte faser i projektlivscyklen.

I den samlede fremgangsmåde i dette Ph.D.-projekt, beskrevet i afsnit 3.2, er objektorienteret analyse valgt som gennemgående modelleringsteknik fra opbygning af model til programmering og vedligeholdelse af systemet. Dette valg er foretaget med udgangspunkt i et ønske om:

- at kunne strukturere et kompleks viden- og informationsområde.
- at kunne genbruge analyseresultater gennem projektlivscyklen fra analyse til design, programmering og vedligeholdelse af modellen.
- at sætte domæneeksperter (f.eks. konstruktører og produktionsforbereder) i stand til selv at modellere deres arbejdsområde.
- at muliggøre en mere hensigtsmæssig arbejdsdeling mellem modelbygger (domæneekspert) og EDB-systemudvikler

I litteraturen anføres en række egenskaber ved objektorienteret analyse. Eksempelvis [Coad og Yourdon, 30, p. 35-36] anfører nedenstående egenskaber (fordele) ved anvendelse af objektorienteret analyse:

- Det bliver muligt at analysere mere komplekse domæner. OOA bidrager til forståelse og strukturering af domænet.
- Forbedrer samarbejdet mellem domæneekspert og EDB-systemudvikler.
- Sikrer konsistens af analyseresultatet gennem projektlivscyklen. Anvendelse af attributter og metoder (services) gennem forskellige faser i projektlivscyklen bidrager til at sikre direkte anvendelse af analyseresultatet ved design og programmering.
- Fokuserer på objekternes fælles træk (generellitet). OOA anvender nedarvning for at udnytte fælles træk ved objekternes attributter og metoder.
- Konstruerer specifikationer, der kan tåle forandring. OOA konstruerer modeller, der er stabile overfor ændringer, bl.a. ved at fokusere på de mest stabile elementer i domænet og gøre disse til overordnede objektklasser.
- Sikrer genbrug af analyseresultater.
- Sikrer en konsistent repræsentation for analyse og design. OOA anvender en notation, der gør at en analysemodel (OOA) umiddelbart kan udvides til en designmodel (OOD).

En væsentlig egenskab ved objektorienteret analyse er således muligheden for at kunne strukturere et kompleks domæne, ved at opdele domænet i emneområder og objekter. Den valgte strukturering fastholdes gennem alle faser af den objektorienterede livscyklus, hvilket letter overgangen mellem de enkelte faser, og bidrager til en mere konsistent anvendelse af de resultater, der er produceret i de enkelte faser.

Det forhold at der anvendes samme opdeling og notation gennem de forskellige faser i den objektorienterede livscyklus bidrager til et forbedret samarbejde mellem domæneekspert og EDB-systemudvikler, samt at der kan foretages en arbejdsdeling mellem domæneekspert og EDB-systemudvikler, eksempelvis således at domæneeksperter bygger OOA-modellen og bidrager til opbygning af OOD-modellen i samarbejde med EDB-systemudvikleren, der herefter overtager det videre arbejde med at programmere modellen [Arngrimsson, 12].

Desuden sigter den objektorienterede modelleringsteknik mod at konstruere modeller, der er stabile overfor ændringer, ved bl.a. at fokusere på de mest stabile elementer i domænet og gøre disse til objektklasser, mens de elementer, der varierer indenfor de enkelte objekter, så vidt muligt modelleres internt i de enkelte objekter f.eks. som objektets variable. Endelig fokuseres på at udnytte objekternes fælles træk gennem nedarvning af objekternes attributter og metoder.

2.2.3 IDEF-MODELLERING

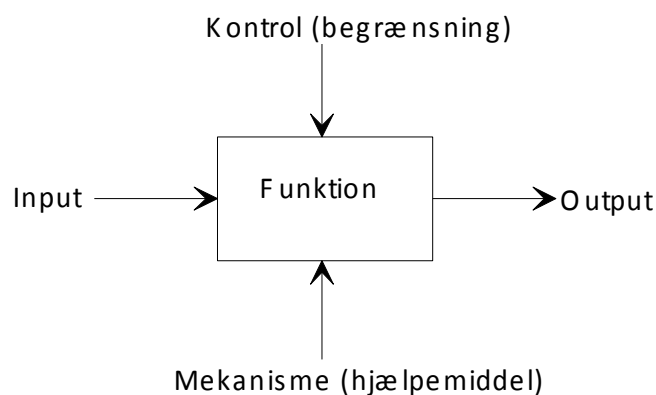
I det følgende vil der blive givet en kortfattet introduktion til funktionsmodellering (IDEF0) og informationsmodellering (IDEF1). IDEF0 og IDEF1 er udviklet under ICAM projektet (Integrated Computer Aided Manufacturing), et 10 årigt forskningsprogram under det amerikanske forsvarsministerium [Vesterager, 124].

Udgangspunktet for både IDEF0 og IDEF1 er fastlæggelse af formål, synsvinkel og kontekst for analysearbejdet. Konteksten fastlægger modellens afgrænsning og snitflader til øvrige systemer. Synsvinklen fastlægger modelbyggerens udgangspunkt; f.eks. teknisk, ledelsesmæssigt eller ekstern kundesynsvinkel. Formålet fastlægger hensigten med at bygge modellen; f.eks. at skabe klarhed over et systems funktionelle virkemåde, eller danne grundlag for implementering af en EDB-applikation.

2.2.3.1 FUNKTIONSMODELLERING (IDEF0)

IDEF0 teknikken [ICAM, 62] bygger på den såkaldte SADT teknik (Structured Analysis and Design Techniques udviklet af Softech), der tidligere har været anvendt som analyseteknik ved systemudviklingsprojekter. Ved funktionsmodellering afbildes funktionerne (opgaverne) i et afgrænset område af virksomheden (defineret i modellens kontekst).

Ved funktionsmodellering tages udgangspunkt i følgende beskrivelse af en funktion:

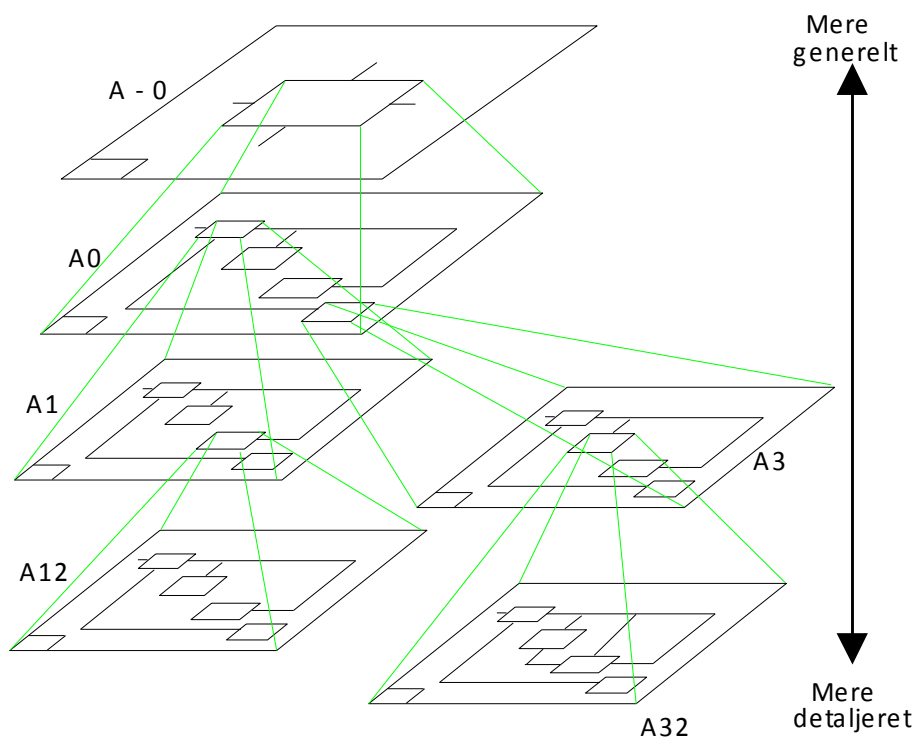


Figur 18. De basale elementer i IDEF0 modellering [ICAM, 62, p. 59].

- **Funktion:**
En aktivitet, handling, proces eller operation. Udtrykkes ved et aktivt verbum, f.eks. "specificer komponent" eller "producer komponent".
- **Input:**
Fysiske genstande eller informationer, der er nødvendige for funktionens udførelse. Input transformeres i funktionen, f.eks. materialer transformeres ved funktionen "producer komponent".

- **Output:**
Fysiske genstande eller informationer, der resulterer af eller fremstilles i funktionen. F.eks. "færdig komponent".
- **Kontrol:**
Informationer, der bestemmer og evt initierer udførelsen af funktionen. F.eks. en produktionsordre.
- **Mekanisme:**
En person, maskine, EDB-system eller lignende, der udfører funktionen.

De enkelte funktioner (kasser) kan efter behov nedbrydes i delfunktioner, der mere detaljeret beskriver funktionen. F.eks. kan funktionen "producer komponent" nedbrydes i en række del-operationer, der igen kan nedbrydes i delfunktionerne "fremskaf materialer og specifikationer", "foretag opstilling af maskine", "gennemfør operation", "kontroller komponent", og "vidersend komponent til næste operation". I nedenstående figur 19 er vist princippet i den hierarkiske nedbrydning.



Figur 19. Den hierarkiske nedbrydning af en model [ICAM, 62, p. 20].

Ud over de grundlæggende elementer indeholder IDEF0 en syntaks og et regelsæt, der sikrer en hensigtsmæssig og konsistent modellering. Eksempelvis at alle input og output, der findes på et diagram, også eksisterer på de diagrammer, der fremkommer ved nedbrydningen.

Nedenstående er kort beskrevet fremgangsmåden ved opbygning af en IDEF0 model, hvor ICAM anbefaler faserne:

- Fase 0: Indledende afgrænsning af problemet.
- Fase 1: Fastlæggelse af arbejdsgrundlaget, f.eks. ressourcegrundlag, projektorganisation m.v.
- Fase 2: Klarlæggelse af formål, synsvinkel og kontekst.
- Fase 3: Indsamling af data.
- Fase 4: Fremstilling af foreløbig model.
- Fase 5: Review og revision af model.
- Fase 6: Dokumentation af endelig model.

Resultatet af en IDEF0 model er en beskrivelse, der fastlægger modellens kontekst, synsvinkel og formål, den grafiske model (diagrammerne) med overblikdiagram, uddybende tekst, ord-forklaringer, forklarende diagrammer og henvisninger til andre modeller herunder en evt. IDEF1 model.

2.2.3.2 INFORMATIONSMODELLERING (IDEF1):

IDEF1 teknikken [ICAM, 63], og [Clausen, 27] er en videreudvikling af Entity-Relationship modellering udviklet af [Chen, 23]. Teknikken anvendes til at analysere og strukturere virksomhedens informationer, og indeholder metoder for opbygning af en begrebsmæssig model af en virksomheds informationssystem. Ved IDEF1 modellering stilles der ikke noget krav til databasetypen, og modelleringen kan således foretages uafhængigt af hvorledes EDB-systemet tænkes implementeret.

For at introducere grundbegreberne i IDEF1 modellering vil jeg i det følgende relatere begreberne til tabeller i en database. Nedenstående figur 20 viser en sådan tabel, i IDEF1 notation kaldet en entitetsklasse, hvor en række i en tabel, ifølge IDEF1 notationen, er repræsenteret ved en entitet, en søjle ved en attributklasse og en enkelt værdi ved en attribut.

ATTRIBUTKLASSER

Søjlerne i tabellen.
Hver søjle i tabellen er
en attributklasse.

ENTITETSKLASSER

Hver tabel i relationsdatabasen
er en entitetsklasse.

ENTITETER

Dataværdierne i en række.
Hver række er en entitet.

ATTRIBUTTER

Dataværdierne i søjle.
Hver søjle kan have mange
attributter.

SUPPLIERS			
S #	S NAME	STATUS	CITY
S 1	Smith	20	
S 2	Jones	10	Paris
S 3	Blake	30	Paris
S 4	Clark	20	London
S 5	Adams	30	Athens

Figur 20. Elementer i en database [Vesterager m.fl., 127].

En entitetsklasse er beskrevet ved dens attributklasser. En attributklasse, der unikt kan identificere en entitet (en række i tabellen), kaldes en nøgleattributklasse. Desuden beskriver IDEF1 teknikken relationerne mellem de enkelte entitetsklasser ved anvendelse af nedenstående typer af relationer:

- en til en (specifik),
- en til en (ikke specifik),
- en til mange (specifik)
- mange til mange (ikke specifik)

De forskellige typer af relationer kaldes relationens kardinalitet. "En til en" relationen angiver at en entitet er relateret til højst en entitet i den relaterede entitetsklasse, mens "en til mange" og "mange til mange" relationer angiver at nul, en eller mange entiteter i en given entitetsklasse er relateret til nul, en eller mange entiteter i den relaterede entitetsklasse. At relationen er specifik angiver, at der ved en given entitet i en såkaldt afhængig entitetsklasse altid findes en entitet i den relaterede entitetsklasse.

En IDEF1 model udvikles igennem fem faser, hvor den forberedende fase efter amerikansk tradition benævnes fase 0:

Fase 0:

I den indledende fase etableres grundlaget for modelleringsarbejdet, og der tilvejebringes en oversigt over det eksisterende materiale. Resultatet af fase 0 er opstilling af formål, synsvinkel og kontekst for modellen, samt en samling af kildemateriale samlet i henholdsvis en kildematerialeliste, der er en rå liste over det kildemateriale, der ligger til grund for projektet, og en kildedataliste, der indeholder de data, der findes i kildematerialet, ordnet efter et entydigt kilde-datanummer.

Fase 1:

I fase 1 defineres modellens entitetsklasser på baggrund af kildedatalisten. Resultatet af fase 1 er en entitetsklasseliste, med navn og nummer på alle entitetsklasser, samt entitetsklassedefinitioner, der definerer hver enkelt entitetsklasse og beskriver anvendte forkortelser.

Fase 2:

I fase 2 fastlægges relationerne mellem de enkelte entitetsklasser, og der tegnes entitetsklassediagrammer. For at identificere relationerne udarbejdes en relationsklassematrix, der er et skema, hvor gruppen af entitetsklasser optræder både som rækker og søjler, og en eventuel relation mellem entitetsklasser angives med et kryds i det pågældende felt. I forbindelse med fastlæggelse af relationer udarbejdes en relationsklasseliste med tilhørende relationsklassedefinitioner. Der tegnes entitetsklassediagrammer for hver enkelt entitetsklasse med angivelse af de relaterede entiteter og de pågældende relationer. Endelig tegnes et oversigtsdiagram, der viser alle entitetsklasserne og deres indbyrdes relationer samtidigt.

Fase 3:

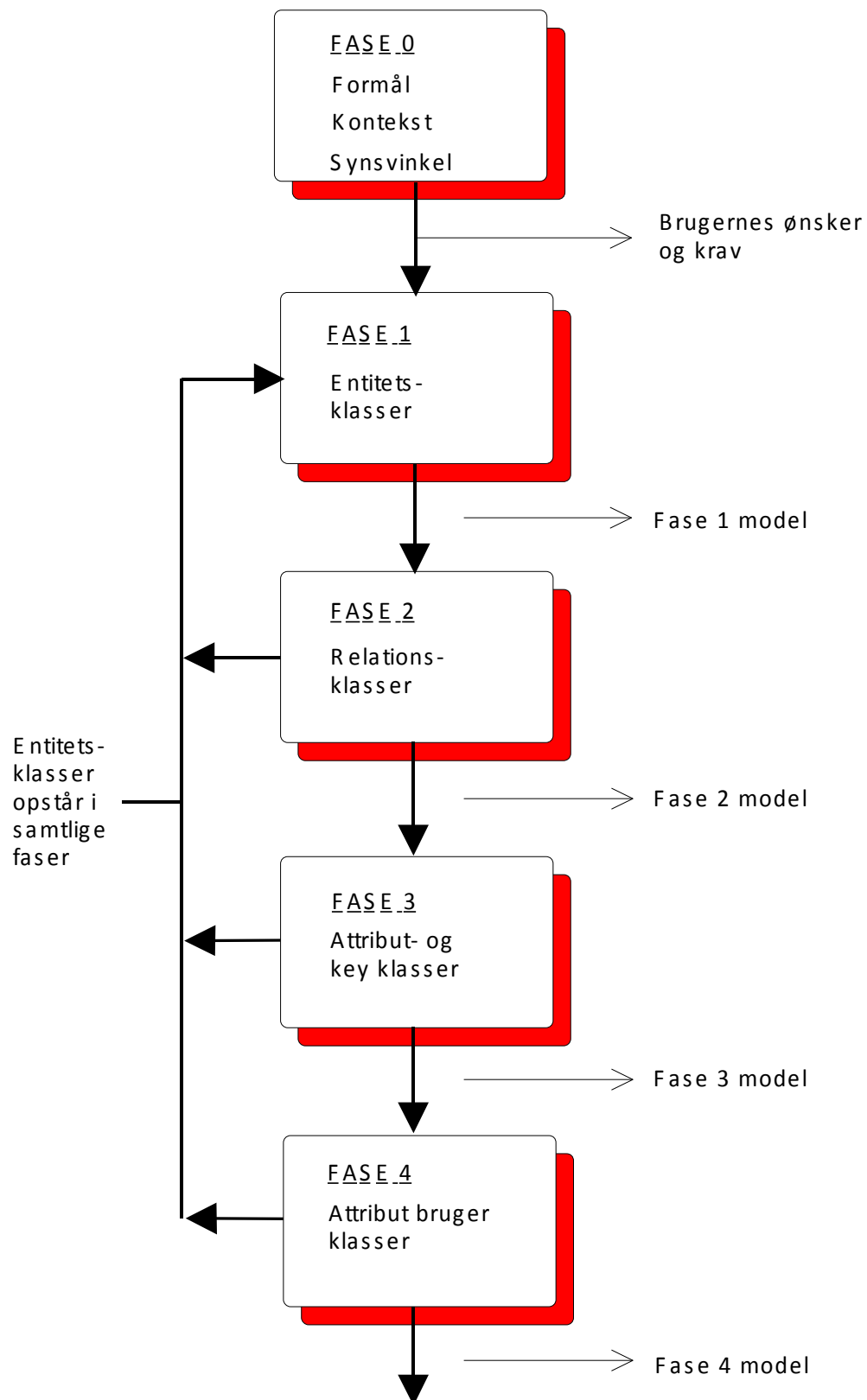
I fase 3 udvikles entitetsklassediagrammerne til kun at indeholde specifikke relationer. Desuden identificeres attributklasser og nøgleattributklasser (d.v.s. attributklasser, der unikt kan identificere entiteter i entitetsklassen), og ud fra dette tegnes attributklassediagrammer med angivelse af de specifikke relationer samt nøgleattributklasser og lokale attributklasser. Til støtte for arbejdet med at identificere attributklasserne udarbejdes en entitetsklasse - attributklassematrix, der angiver sammenhængen mellem entitetsklasser og attributklasser.

Arbejdet med at transformere ikke specifikke relationer til specifikke understøttes af et attributklasse-migreringsindeks, der viser hvilke entitetsklasser de enkelte attributklasser er nedarvet til, samt en arvet attributklasse krydsreference, der for hver arvet attributklasse viser hvilken entitetsklasse, der ejer attributklassen.

Fase 4:

I fase 4 forfines modellen ved at fastlægge de resterende (lokale) attributklasser og deres tilhørsforhold. Desuden kontrolleres de enkelte attributklasser og deres tilhørsforhold.

I figur 21 er vist forløbet ved opbygning af en IDEF1 informationsmodel.



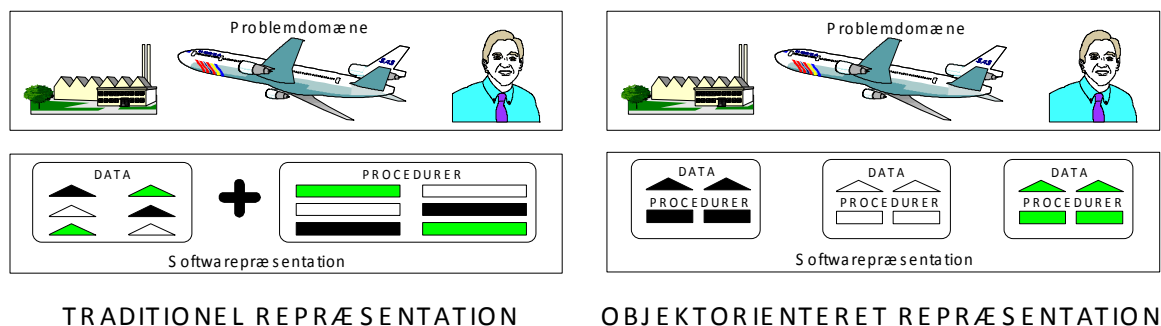
Figur 21. Fremgangsmåden ved opbygning af en IDEF1 informationsmodel [Clausen, 27, p. 12].

2.2.4 OBJEKTORIENTERET MODELLERING

Objektorienteret modellering er, som IDEF-modellering, en analysemetode for modellering af viden og informationer i et givet system (real world), hvor systemet nedbrydes i delelementer (component-parts). Objektorienteret modellering adskiller sig fra IDEF-modellering ved, at de enkelte objekter tillægges en adfærd, d.v.s. funktioner, som de enkelte objekter kan udføre, som f.eks at udføre en beregning, eller vise informationer.

Desuden er objektorienteret modellering karakteriseret ved, at objekter kan arve informationer og procedurer fra andre objekter (inheritance), og ved at de enkelte objekters informationer og procedurer indkapsles (encapsulation), d.v.s. at det enkelte objekt er defineret med en kortfattet beskrivelse af dets funktion og de argumenter, der er nødvendige for at kalde (aktivere) objektet og bringe det til udførelse. Derved opnås at objekter kan håndteres og genbruges med et minimum af viden om objektets interne opbygning og adfærd.

Den objektorienterede tankegang kan illustreres ved at betragte strukturen i henholdsvis traditionelt udviklet software, og software udviklet ved anvendelse af objektorienteret modellering og programmering. Nedenstående figur 22 viser strukturen i softwaren i relation til et givet problemdomæne, hvor der ved den objektorienterede tankegang findes samme struktur i programmet som i domænet, idet programmet er bygget af objekter, svarende til de objekter, der kan identificeres i domænet.



Figur 22. Struktur i henholdsvis traditionel og objektorienteret software
[Agida, 1, p. 10].

Et objekt er dels en abstraktion af et element i et domæne, og dels et element i en software beskrevet ved en identitet, en tilstand og en adfærd. I litteraturen findes en række definitioner af objekter. Nedenstående er refereret to forskellige definitioner på objekter, der tilsammen både dækker objekter som elementer i et program og objekter, der defineres i et domæne:

"An object has state, behavior, and identity; the structure and behavior of similar objects are defined in their common class; the terms instance and object are inter-changeable."
[Booch, 16, p. 77].

"Object. An abstraction of something in a problem domain, reflecting the capabilities of a system to keep information about it, interact with it, or both; an encapsulation of attribute values and their exclusive services. (Synonym: an instance)."
[Coad og Yourdon, 30, p. 53].

Med abstraktion menes ifølge [Oxford, 99, p. 86] det princip som går ud på at ignorere de aspekter i et domæne, der er irrelevante i forhold til formålet, således at man kan koncentrere sig om de relevante. Abstraktion er således knyttet til de synsvinkler og det formål, der anvendes ved modellering af et domæne. I de nævnte definitioner optræder begrebet klasser synonymt med begrebet objekter. [Booch, 16, p. 93] definerer klasser ved:

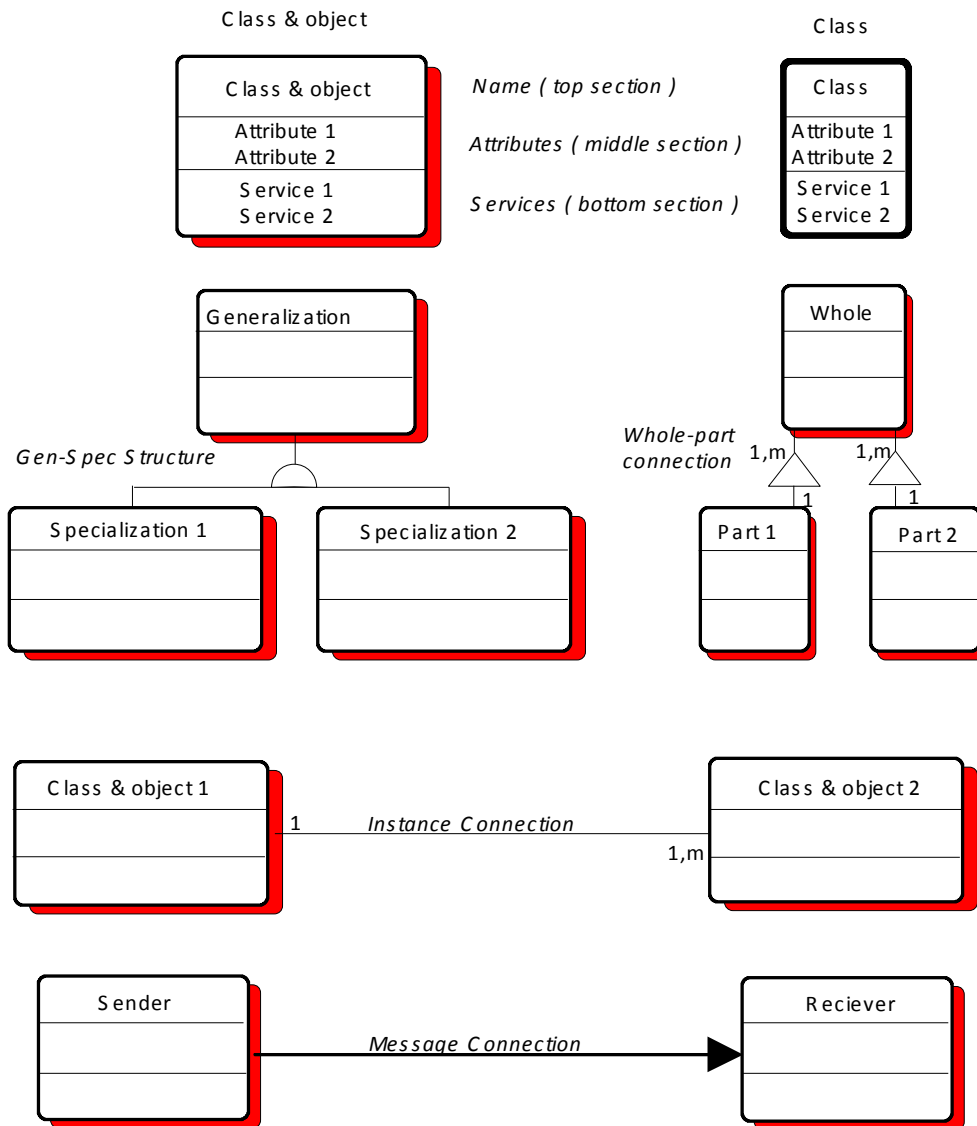
"A class is a set of objects that share a common structure and a common behavior."

En klasse er således en samling af objekter med ens karakteristika. En klasse af objekter modelleres på samme måde som et enkelt objekt. I forbindelse med objekter er endvidere knyttet begrebet *instans*, der ifølge [Arngrímsson, 9, p. 78] betegner et specifikt objekt eller individuelt eksempel fra en klasse. En instans er i sig selv et objekt og har derfor en identitet, tilstand og adfærd. I den følgende beskrivelse af modellering skelnes ikke mellem objekt, klasse og instans, da disse modelleres på samme måde.

Objektorienteret analyse består af to elementer; en analyse-del, hvor domænet nedbrydes i del-elementer (objekter) og de enkelte elementer analyseres og beskrives, samt en syntese-del, hvor elementernes struktur og samspil med de øvrige elementer fastlægges. Som grundlag for opbygning af objekternes struktur anvendes i dette Ph.D. projekt specificering af formål, synsvinkel og kontekst for modellen, fra ICAM's IDEF-modellering.

Objektorienteret analyse indeholder tre forskellige beskrivelsesformer; en informationssynsvinkel, der beskriver objektets data, svarende til indholdet af entiteter i IDEF1 analysen. En funktionel synsvinkel, der beskriver objektets adfærd, d.v.s. de procedurer objektet kan udføre, og endelig en dynamisk synsvinkel, der beskriver dynamikken i de enkelte objekter og i det samlede system, ved at fastlægge (simulere) rækkefølgen af de enkelte objekters kald af hinanden.

I nedenstående figur 23 er vist notationen i objektorienteret analyse, som den er defineret af [Coad og Yourdon, 30]. Notationen gælder både enkelte objekter og klasser af objekter. En klasse af objekter er en beskrivelse af et eller flere objekter, der har enslydende egenskaber (attributes) og procedurer (services), samt en beskrivelse af, hvorledes der kan dannes nye objekter indenfor klassen.



Figur 23. Objektorienteret notation [Coad og Yourdon, 30, p. 196].

Figuren viser de fire forskellige typer af relationer mellem objekter:

1. Helhed-del strukturer (whole-part), der definerer objekter, der er forskellige, men hver for sig udgør dele i en helhed, som f.eks. dele i en bil; hjul sæde, rat m.v. Relationer i whole part strukturer er endvidere defineret ved deres kardinalitet. D.v.s. at f.eks. et sæde svarer til netop en bil, svarende til angivelse af kardinalitet i IDEF1 notationen.
2. Generalisering - specialisering, der definerer objekter med fælles informationer (attributes) og procedurer (services), som f.eks. et bil objekt, der indeholder generelle informationer og procedurer om biler, og objekter der beskriver specielle grupper af biler, f.eks. varevogne og lastbiler med tilsvarende informationer og procedurer, der beskriver den specifikke gruppe.

3. Instans forbindelse (instance connection), der beskriver relationer mellem enkelte objekter (instanser) i modellen, eksempelvis relation mellem fører og bil. Som ved whole-part strukturer er relationen desuden defineret ved dens kardinalitet.
4. Meddelelses forbindelse (message connection), beskriver den information (meddelelse) der sendes fra et afsender objekt til et modtager objekt for at få udført en procedure.

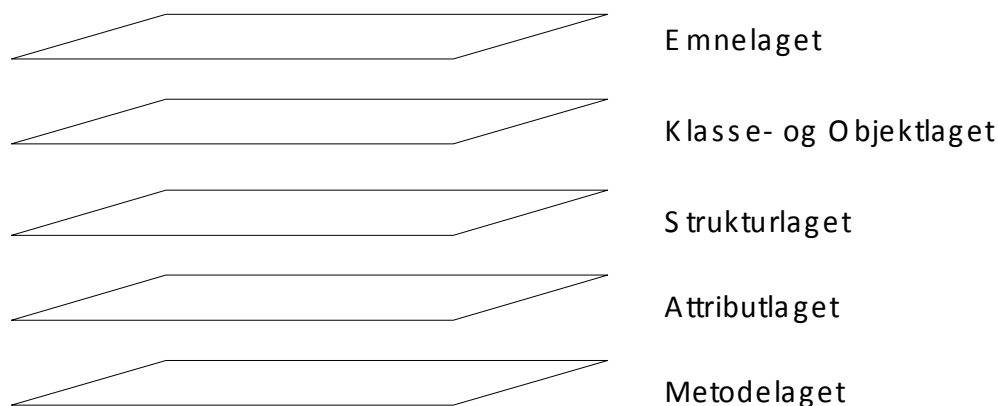
I de følgende afsnit er de enkelte faser i den objektorienterede projektlivscyklus (analyse, design og programmering) uddybende beskrevet, idet hovedvægten er lagt på præsentation af fremgangsmåden ved objektorienteret analyse.

2.2.4.1 OBJEKTORIENTERET ANALYSE

Objektorienteret analyse [Coad og Yourdon, 30] bygger videre på anvendelse af begreber fra de eksisterende metoder for informations- og datamodellering, d.v.s. entity relationship diagrammering (f.eks. IDEF1) og semantisk datamodellering. Disse metoder bidrager med begreberne attributter, instans forbindelser, generalisering-specialisering, helhed-del (whole part).

Desuden anvendes elementer fra objektorienteret programmering og videnbaserede systemer, der bidrager med begreberne attributter og eksklusive procedurer (services), kommunikation med meddelelser (messages), generalisering og specialisering, samt nedrivning.

Ved opbygning af en objektorienteret analysemodel (OOA-model) gennemløbes aktiviteterne vist i nedenstående figur 24, der beskriver OOA-modellen som bestående af fem lag. De enkelte aktiviteter (lag) kan opfattes som forskellige synsvinkler, der tilsammen udgør OOA-modellen. Aktiviteterne udføres almindeligvis i den rækkefølge de er listet, men kan iøvrigt udføres i vilkårlig rækkefølge. I praksis udføres modelleringen gennem et antal iterationer mellem de enkelte lag i modellen.



Figur 24. OOA-modelleringens fem lag [Coad og Yourdon, 30, p. 54].

- *Emnelaget* indeholder en opdeling af det samlede domæne, der skal modelleres i forskellige emneområder. I relation til anvendelse af produkt- og produktrelaterede modeller kan et emneområde f.eks. være produktmodel eller fabriksmodel (se figur 40).

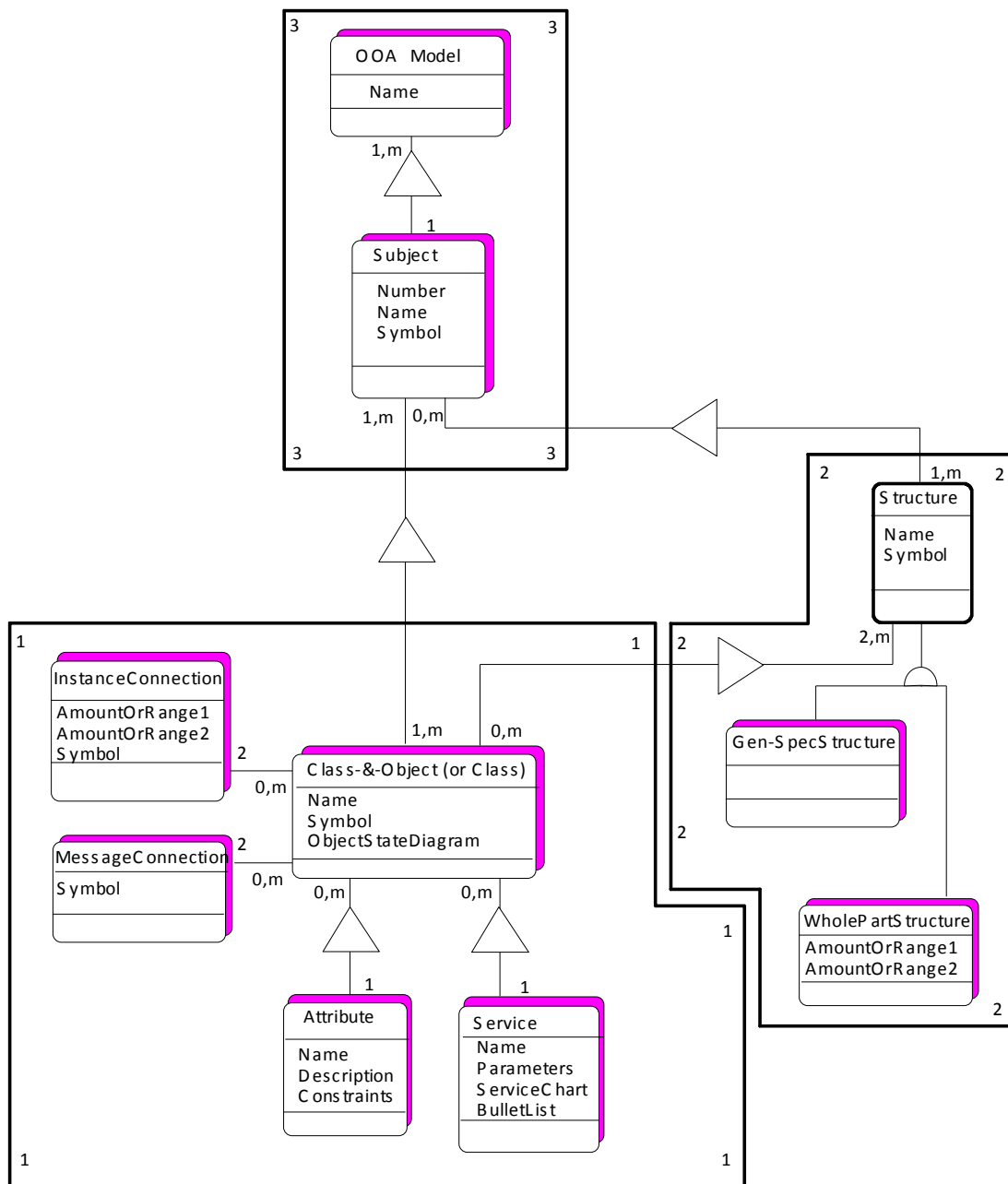
- *Klasse- og objektlaget* indeholder en listning af de klasser og objekter, der er identificeret i de enkelte emneområder.
- *Strukturlaget* indeholder objekternes indbyrdes relationer, d.v.s. angivelse af generalisering-specialisering og helhed-del strukturer.
- *Attributlaget* indeholder en angivelse af de enkelte objekters informationer, d.v.s. det objekterne ved om sig selv.
- *Metodelaget* indeholder en beskrivelse af de enkelte objekters metoder (procedurer), d.v.s. det objekterne kan udføre.

En uddybende gennemgang af de enkelte lag og fremgangsmåden findes i [Coad og Yourdon, 30]. Som grundlag for opbygning af OOA-modellen kan det i øvrigt være hensigtsmæssigt at udarbejde en analyse af systemets funktionalitet ved hjælp af IDEF0 funktionsmodellering, der er beskrevet i afsnit 2.2.3.1. Derved opnår man en detaljeret indsigt i domænets virkemåde og dermed et forbedret grundlag for at kunne identificere de enkelte elementer i OOA femlagsmodellen.

2.2.4.2 IDENTIFICERING OG KARAKTERISERING AF OBJEKTER (OOA)

I det følgende vil fremgangsmåden for at identificere emneområder og objekter, samt fastlæggelse af objekternes karakteristika og indbyrdes relationer, blive præsenteret. I øvrigt henvises til afsnit 3.4, hvor fremgangsmåden og den notation, der er anvendt i dette Ph.D-projekt, er uddybende beskrevet v.h.a. et simpelt eksempel med fremstilling af reoler.

I nedenstående figur 25 er, ved anvendelse af OOA-notation, vist indholdet i en OOA-model.



**Figur 25. En OOA-model, der viser indholdet i en OOA-model
[Coad og Yourdon, 30, p. 205].**

Modellen indeholder for det første en beskrivelse af de enkelte objekter eller klasser af objekter, defineret ved objekternes egenskaber (attributes) og procedurer (services), hvor der desuden er angivet relationer mellem objekterne i form af instans forbindelser eller meddelelses forbindelser. For det andet er der foretaget en fastlæggelse af strukturer i de enkelte emneområder i form af helhed-del eller generalisering-specialisering strukturer. For det tredje er der foretaget en inddeling af domænet i emneområder (subjects).

Et objekt er defineret som et element i et domæne, der er i stand til at agere i et system ved at indeholde informationer og/ eller være i stand til at udføre procedurer. En klasse er en beskri-

velse af et eller flere objekter, herunder hvorledes der kan dannes nye objekter i en klasse. I denne fremstilling er det, som tidligere nævnt, valgt at anvende ordet objekt som betegnelse for både objekter og klasser af objekter.

Ved identificering af objekter i et domæne kan der bl.a. søges efter strukturer i domænet og funktioner (procedurer), der udføres indenfor domænet. Desuden kan der fokuseres på hvilke informationer og procedurer, der er nødvendige indenfor den givne system kontekst, herunder hvilke generelle egenskaber og procedurer, der er tilknyttet domænet.

Ved identificering af strukturer skelnes, som nævnt, mellem generalisering-specialisering strukturer og helhed-del strukturer. Generalisering-specialisering strukturer identificeres ved at tage udgangspunkt i de enkelte objekter, og undersøge om det indenfor systemets kontekst (responsibility) vil være hensigtsmæssigt at foretage henholdsvis generalisering eller specialisering af objektets egenskaber og procedurer. Hvis der er mange generalisering-specialisering strukturer i domænet, bør man indledningsvis identificere henholdsvis den mest simple og den mest detaljerede struktur, og derefter fastlægge de øvrige generalisering-specialisering strukturer.

Helhed-del strukturer identificeres ved at gruppere objekter, der tilsammen danner en helhed. Eksempelvis komponenter i en styklistestruktur (assembly-parts), objekter, der kan indeholdes i andre objekter (container-contents), eller objekter, der tilsammen danner en samling af objekter (collection-members). De enkelte objekter betragtes som henholdsvis helhed-objekter og del-objekter i hierarkiet, og objektets bidrag til det samlede system vurderes. Hvis objektet kun indeholder en status værdi, fjernes objektet, og objektets status tilføjes i stedet som en egenskab i det overliggende objekt i hierarkiet.

Emneområder defineres dels for at skabe overskuelighed i en ellers stor og uoverskuelig model, og dels for at organisere det resulterende system (programmet) i afgrænsede enheder. Et emneområde defineres ved at gruppere de øverste objekter i de fundne strukturer, samt øvrige objekter efter emne, f.eks. kan objekter, der beskriver et produkts opbygning placeres i et emneområde, mens objekter, der beskriver produktets fremstillingsforløb, placeres i et andet emneområde.

Det tilstræbes iøvrigt at afhængighed (strukturer og instansforbindelser) og kommunikation (meddelelsesforbindelser) mellem objekter i forskellige emneområder minimeres, således at objekter, der hyppigt har forbindelse med hinanden så vidt muligt samles i det samme emneområde. Et objekt kan optræde i mere end et emneområde, i det omfang det vil lette forståelsen af modellen.

Egenskaber (attributes) beskriver objektets aktuelle tilstand, og identificeres ved at spørge, hvorledes de enkelte objekter er beskrevet (hvad skal objektet vide om sig selv?), samt hvilke forskellige tilstande objektet kan være i. En egenskab kan beskrives med en enkelt værdi eller et array (tabel) af værdier. Ved identificering af egenskaber i en generalisering-specialisering struktur placeres de generelle egenskaber øverst i hierarkiet, mens de specifikke egenskaber placeres nederst i hierarkiet.

Egenskaber benævnes så vidt muligt med de betegnelser, der iøvrigt anvendes i domænet, og der angives et tilladeligt værdiinterval, samt enheder for værdierne (f.eks. kr, kg, meter, o.s.v.).

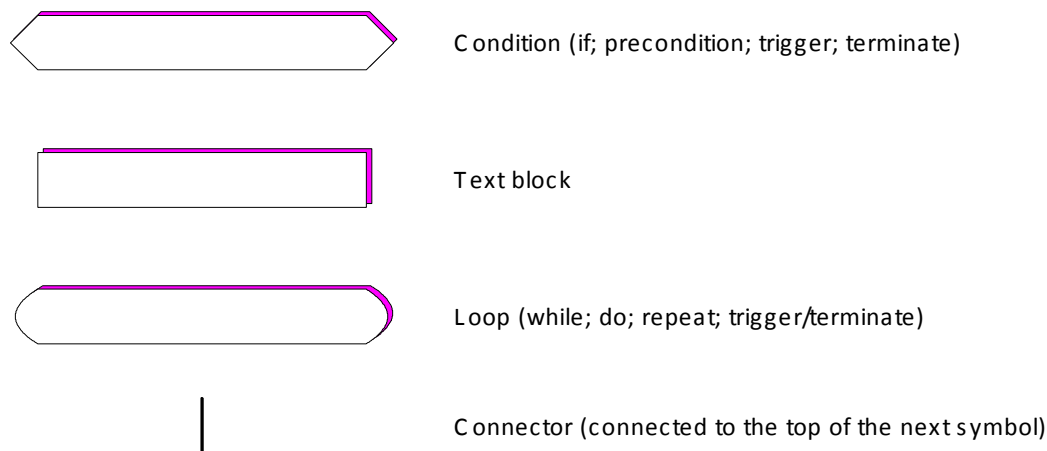
Desuden angives eventuelle begrænsninger ved egenskaben, herunder afhængigheder til øvrige egenskaber.

Instans-forbindelser betegner relationer mellem objekter, der naturligt er relateret til hinanden, som f.eks. objektet "bil" og objektet "ejer af bil", og minder således på mange måder om en helhed-del struktur. Ved instans forbindelser fastlægges relationens kardinalitet, som vist i afsnit 2.2.3.2.

Procedurer (services), betegner en given adfærd, som det enkelte objekt er ansvarlig for at udføre. Procedurer identificeres ved at tage udgangspunkt i forskellige tilstande et objekt, ifølge de givne egenskaber, kan befinde sig i. Dette kan eventuelt gøres ved anvendelse af et objekt-tilstand-diagram (Object State Diagram), der viser de forskellige tilstande et objekt kan befinde sig i.

Ved fastlæggelse af procedurer fokuseres dels på simple procedurer, som f.eks. at danne eller pege på (forbinde) et objekt, eller definere en egenskabsværdi (attribute value) i et objekt, og dels komplekse procedurer, der igen opdeles i to kategorier henholdsvis at beregne objektgenskabsværdier, eller vise objekt egenskabsværdier.

Procedurer findes ved at spørge hvilke beregninger objektet skal udføre og hvilke informationer objektet skal vise. Procedurer kan eventuelt repræsenteres ved hjælp af den såkaldte procedure kort notation (Service Chart Notation) vist i nedenstående figur 26.



Figur 26. Procedure kort notation [Coad og Yourdon, 30, p. 157].

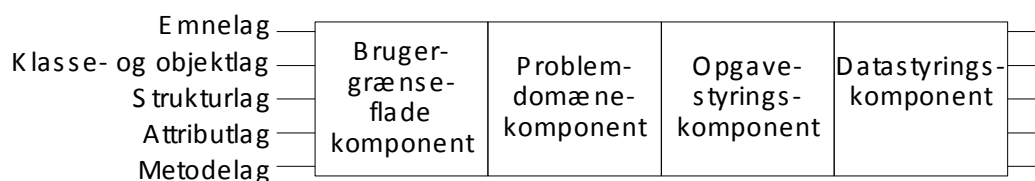
Meddelelses forbindelser betegner en forbindelse, hvor et objekt kalder et andet objekt for at få udført en procedure. Meddelelses forbindelser findes ved, for et givet objekt, at undersøge hvilke procedurer i andre objekter, der skal kaldes, og tilsvarende hvilke øvrige objekter, der kalder procedurer, der findes i det givne objekt.

2.2.4.3 OBJEKTORIENTERET DESIGN

Ved opbygning af design skifter synsvinklen fra at være domæneorienteret (hvad og hvilken opgave) til at være implementeringsorienteret (hvordan), d.v.s. at det i designfasen afklares, hvorledes de specificerede objekter mest effektivt kan implementeres ved hjælp af et givet software. Analysemodellen flyttes med andre ord over i et specifikt hardware- og software-miljø, der anvendes som værktøj til opbygning af det specificerede system.

Designfasen er, som tidligere nævnt, væsentligt lettet ved anvendelse af OOA-analyse, idet OOA-modellen umiddelbart danner grundlag for OOD-modellen, der i hovedtræk fremkommer ved at detaljere de enkelte objekter og eventuelt tilføje nye objekter. I designfasen anvendes femlags modellen fra objektorienteret analyse (se figur 24). Derudover anvendes, ifølge [Coad og Yourdon, 31, p. 24-26], fire synsvinkler ved udvikling af OOD-modellen;

- Brugergrænseflade, der fastlægger brugerens kommunikation med systemet.
- Problemdomæne, hvor OOA-modellen korrigeres efter designspecifikke kriterier.
- Datastyring, hvor strukturen af lagrede data og metoder til styring af data modelleres.
- Opgavestyring, anvendes i tilfælde hvor systemet skal udføre flere opgaver samtidigt (multitasking).



Figur 27. Fremgangsmåde ved opbygning af OOD model, [Coad og Yourdon, 31, p. 26].

I ovenstående figur 27 er vist den samlede fremgangsmåde ved opbygning af en OOD-model. Ved brugergrænsefladesynsvinklen fastlægges hvorledes brugeren kan kontrollere og kommunikere med systemet, og hvordan systemets informationer skal præsenteres for brugeren (skærbilleder og udskrifter). Med udgangspunkt i en analyse af den måde brugerne udfører opgaverne på opbygges et detaljeret design af brugerdialogen, og der opbygges en objektorienteret model af systemets skærbilleder og udskriftsprocedurer.

Problemdomænesynsvinklen tager udgangspunkt i OOA-modellen, og korrigerer denne efter designspecifikke kriterier, herunder foretages en vurdering af de strukturer, der er specificeret i OOA-modellen i forhold til de strukturer, der kan håndteres af et givet programmeringssprog. OOA-modellen checkes for fejl og mangler, Hvis der eksempelvis ikke er angivet enheder og værdiinterval ved egenskaberne (attributes) i OOA-modellen påføres disse i designfasen. Det tilstræbes at minimere antallet af ændringer i forhold til OOA-modellen for at bevare så stor en sammenhæng som muligt mellem den oprindelige OOA-model (domænemodellen) og den endelige programkode.

Datastyringssynsvinklen modellerer strukturen af lagrede data og fastlægger metoden til styring af disse data. Udgangspunktet herfor er et valg af det grundlæggende databaseprincip, der ifølge [Coad og Yourdon, 31, p. 80] kan opdeles i følgende:

- Lagring af data i sekventielle filer.
- Lagring af data i en relationel database.
- Lagring af data i en objektorienteret database.

Valget af databaseprincip er i sagens natur tæt knyttet til valg af programmeringssprog. For hvert princip findes en generel fremgangsmåde for opbygning af databasens design (struktur) og metoder for styring af data.

Opgavestyringssynsvinklen er, som nævnt, kun relevant i de tilfælde, hvor systemet skal kunne udføre flere opgaver samtidigt. Opgavestyringen tager udgangspunkt i en analyse af de dynamiske aspekter ved kørsel af systemet, herunder en fastlæggelse af hvilke opgaver, der er hændelses eller tidsmæssigt afhængige. Der foretages en indbyrdes prioritering af opgaverne og opbygges en funktion til at koordinere og styre opgaverne tidsmæssigt.

For yderligere uddybning af ovenstående kortfattede introduktion til fremgangsmåden ved objektorienteret design henvises til [Coad og Yourdon, 31]. Fordelene ved at anvende objektorienteret design (OOD) er ifølge [Booch, 16, p.215]:

- OOD opfordrer til større genbrug af programkode og designresultater.
- OOD opbygger systemer, som er mere robuste overfor ændringer.
- OOD reducerer risikoen ved systemudvikling, bl.a. ved at udviklingsarbejdet kan nedbrydes i mindre og mere overskuelige enheder.

Objektorienteret design bidrager, som de øvrige faser i den objektorienterede projektlivscyklus, til en struktureret fremgangsmåde, og muliggør dermed en tættere styring af hele projektforløbet.

2.2.4.4 OBJEKTORIENTERET PROGRAMMERING

I dette afsnit vil forholdene ved anvendelse af objektorienteret programmering blive belyst, og nogle af de eksisterende objektorienterede programmeringssprog vil blive præsenteret. Objektorienteret programmering har siden starten af 80'erne vundet stigende udbredelse. I samme periode er der foregået en hastig udvikling af forskellige objektorienterede programmeringssprog. I dag findes mere end 100 forskellige objektorienterede programmeringssprog. Nedenstående er listet nogle af de mere udbredte programmeringssprog [Booch, 16, p. 473]:

- Simula
- Quick Pascal

- Turbo Pascal
- C++
- Smalltalk
- CLOS (Common Lisp Object System)

De nævnte programmeringssprog kan inddelse i to hovedkategorier, hvor den ene kategori (Simula, Quick Pascal, Turbo Pascal, og C++), baseret på ALGOL, stammer fra procedural programmering, hvor systemet opbygges i procedurer og funktioner, mens den anden kategori (Smalltalk og CLOS), baseret på LISP, har rod i udvikling af systemer til repræsentation af kunstig intelligens, hvor der anvendes prædikatlogik til at repræsentere den viden, der findes i et givet domæne.

En objektorienteret model kan i princippet programmeres i både objektorienterede og ikke objektorienterede programmeringssprog. Graham fremhæver nedenstående fordele ved at anvende et objektorienteret programmeringssprog [Graham, 47, p. 51-52]:

- Det bliver muligt at genbruge tidligere udarbejdet kode.
- Der er bedre mulighed for at udvide eksisterende programmer.
- Det understøtter et veldefineret begrebsapparat, der kan anvendes både ved analyse og programmering. Herved opnås mulighed for at modellere komplekse sammenhænge, der opnås en strukturering af arbejdet i både analyse, design og programmering, og endelig bliver der en lettere og mere direkte overgang mellem de enkelte faser i udviklingsforløbet. Desuden lettes vedligeholdelse af systemet.

I forbindelse med de to første punkter skal det dog bemærkes at udviklingen indenfor objektorienterede programmeringssprog går meget stærkt, hvilket kan medføre at de nuværende programmeringssprog fortrænges af nye sprog, der ikke nødvendigvis er kompatible med de eksisterende sprog, således at den eksisterende kode med tilhørende klassebiblioteker ikke umiddelbart kan genbruges. Et klassebibliotek er et hierarki af objekter, der beskriver nedarvningsmønstre og sammenhænge mellem objekter.

Et andet væsentligt aspekt ved anvendelse af objektorienteret programmering er, at hvis man anvender et objektorienteret programmeringssprog er designmodellen tilstrækkeligt grundlag for programmering, og kan anvendes direkte som dokumentation [Booch, 16].

2.2.5 CIM/OSA REFERENCEMODELLEN

I de følgende afsnit vil jeg illustrere den indsats, der gøres internationalt for at opbygge rammer og standarder for udvikling af IT-systemer i industrielle virksomheder, ved at beskrive to større internationale projekter henholdsvis CIM/OSA og STEP. I dette afsnit vil jeg beskrive CIM/OSA-modellen, der er resultatet af et større ESPRIT-projekt, hvor man har sigtet mod at opbygge en referencemodel for anvendelse af IT i industrielle virksomheder.

CIM/OSA (CIM Open Systems Architecture) er et ESPRIT-projekt, der udføres af et konsortium bestående af 21 virksomheder fra 7 europæiske lande. De store EDB-system leverandører IBM, Digital, Siemens m.fl. deltager i konsortiet sammen med brugervirksomheder AEG, Fiat, Volkswagen m.fl. Fra Danmark deltager Procos A/S.

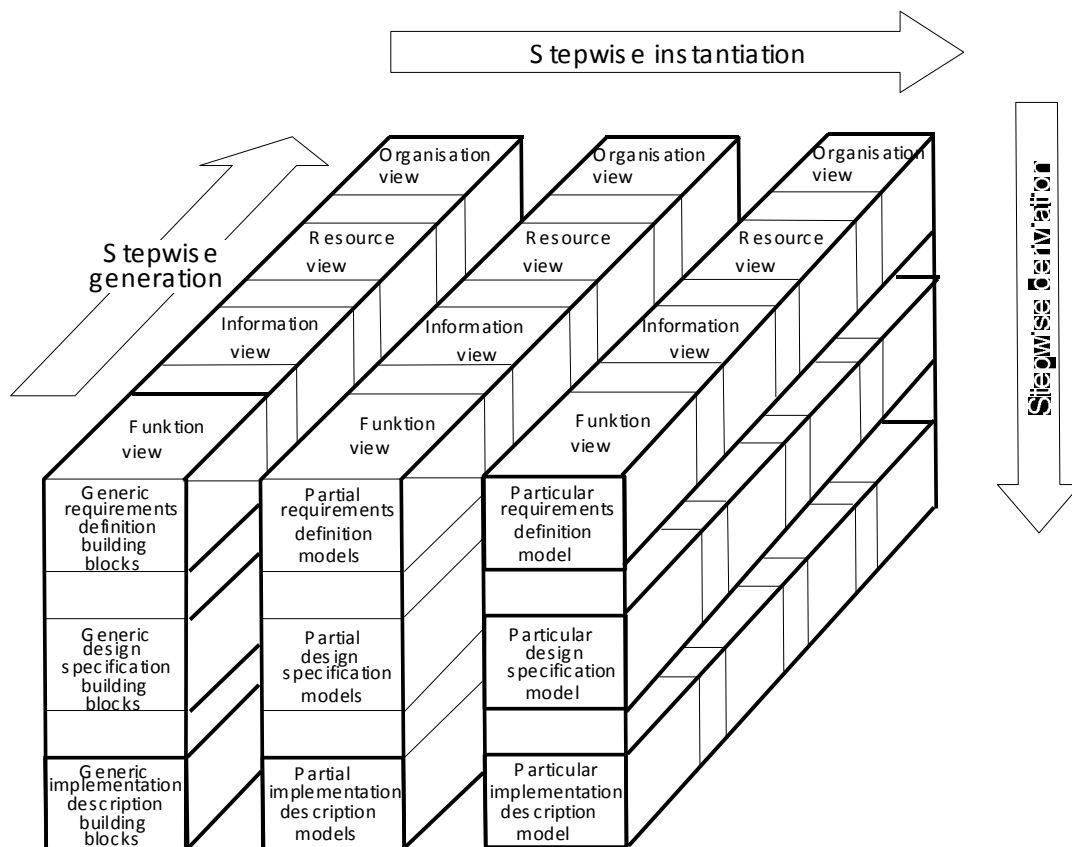
Ifølge [ESPRIT-AMICE, 39] er baggrunden for projektet for udbydere af IT-systemer det hastigt voksende udbud af nye softwareprodukter, under hård priskonkurrence og med hurtige markedsændringer, med deraf følgende hurtig forældelse af produkterne. For brugervirksomhederne er baggrunden en manglende opmærksomhed overfor de nye muligheder, som informationsteknologien giver, utilgængelige og inkonsistente informationssystemer, hvor informationerne udnyttes for dårligt, samt vanskeligheder ved at håndtere den organisatoriske side af indførelsen af IT.

CIM/OSA-projektets formål er at understøtte IT-udbydernes udvikling af nye IT-systemer, og produktionsvirksomhedernes anvendelse af IT-systemer ved at udforme en CIM reference arkitektur [ESPRIT-AMICE, 39, p. 16]:

"The purpose of a CIM Reference Architecture is to define generic structures for the completely structured description of the enterprise as a SYSTEM. This description has to include the dynamic behaviour of its manufacturing processes, its information processes and its management processes. Specific emphasis has to be placed on the Information Technology support environments for system design, maintenance and operation. Only if all three are considered simultaneously will system consistency be achieved."

Man ønsker at opbygge en generisk model (et rammesystem) for alle virksomheder, der omfatter en komplet beskrivelse af virksomheden som et system. Fokus ligger på at understøtte funktionerne gennem anvendelse af IT, hvor der lægges vægt på at integrere design, anvendelse, og vedligeholdelse af IT-systemer.

I nedenstående figur 28 er vist CIM/OSA's overordnede rammemodel (framework), der indeholder tre dimensioner. Den ene dimension (den vandrette) vedrører modellens generellitet, der beskrives ved niveauerne generisk, partiel, og partikulær, hvor det generiske niveau beskriver alle virksomheder, det partielle niveau beskriver en gruppe af virksomheder, f.eks. en branche, og det partikulære niveau beskriver en enkelt virksomhed (en instans). Instantiering betegner en trinvis konkretisering, hvor man bevæger sig fra det generiske til det partikulære niveau.



Figur 28. CIM/OSA-Referencemodellen [AMICE, 39, p. 21]

Den anden dimension (den lodrette) indeholder tre niveauer, der hver beskriver forskellige faser i IT-systemers projektlivscyklus; kravsspecifikation, design, og implementering, hvor design niveauet i CIM/OSA modellen virker som en adskillelse (og sikrer sammenhæng) mellem brugerkrav og systemimplementering.

Den tredje dimension (vinkelret på papiret) indeholder fire forskellige synsvinkler; funktion, information, ressource, og organisation. Funktionssynsvinklen afbilder virksomhedens aktiviteter og forretningsområder (business processes) i en hierarkisk struktur. Informationssynsvinklen afbilder informationer i virksomheden, ved at anvende entitetsmodellering baseret på 3-skema arkitekturen, svarende til IDEF1 modellering. CIM/OSA projektet følger ISO's standard på området.

Ressourcesynsvinklen afbilder ressourcer, der svarer til mekanismer i IDEF0 modellering, f.eks maskiner, EDB-systemer, personer. Den organisatoriske synsvinkel afbilder organisationsstrukturen i virksomheden, med fastlæggelse af ansvarlige (responsibilities) for elementerne i de øvrige synsvinkler (funktion, information og ressource). CIM/OSA projektgruppen tillægger den organisatoriske synsvinkel stor betydning, bl.a. fordi denne synsvinkel afdækker beslutningsprocessen i virksomheden.

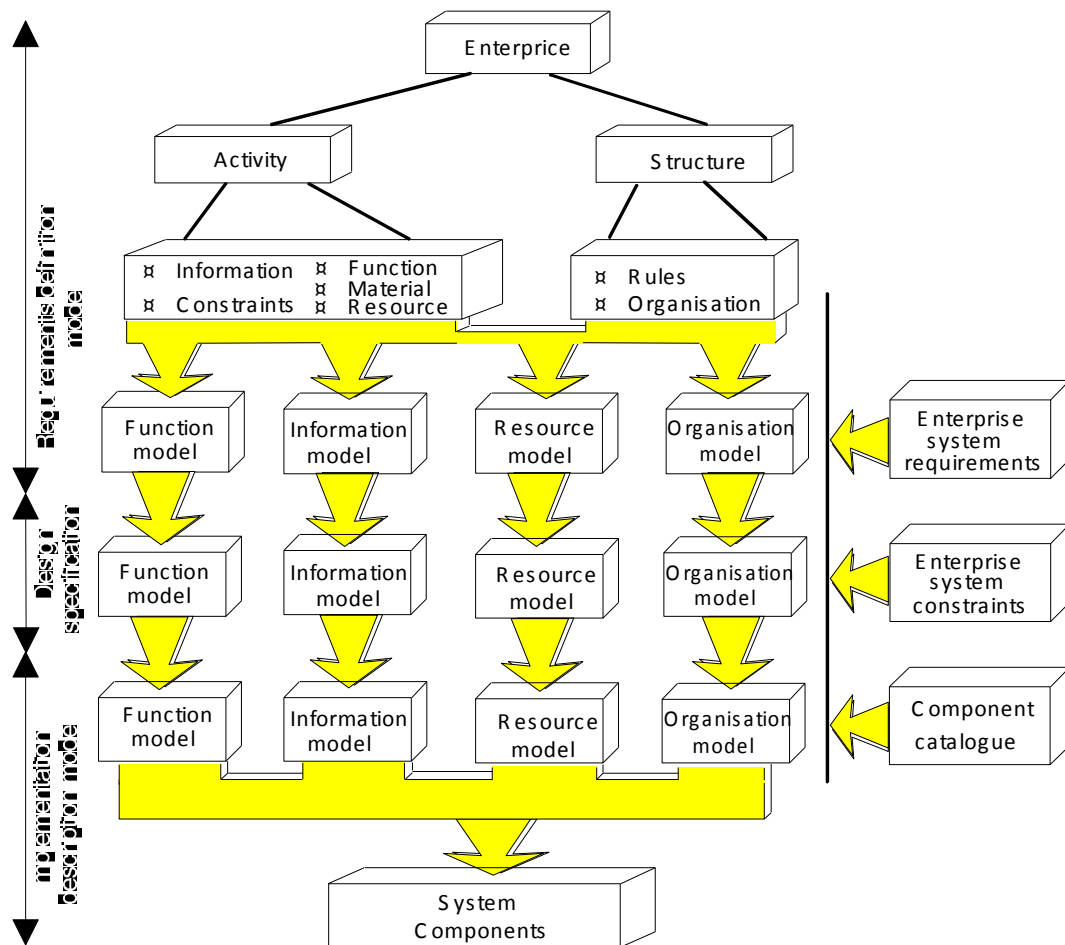
Ved hjælp af ovenstående referencemodell sigter CIM/OSA, som nævnt, mod at understøtte softwarebranchens udvikling af IT-systemer, og produktionsvirksomhedernes anskaffelse og

anvendelse af IT-systemer. Kravene til referencemodellen kan udtrykkes ved [AMICE, 39, p. 42-43]:

- Den generiske og partielle del af referencemodellen (og de standarder/ arkitekturer, der opbygges her) skal understøtte arbejdet med at opbygge specifikke virksomhedsmodeller.
- Referencemodellen skal kunne beskrive virksomhedens beslutningssystemer, organisation, aktiviteter, forretningsområder (business processes), samt informations- og materialeflow på en måde, så det direkte kan understøtte implementeringen af IT-systemer.
- De udviklede modeller og implementerede systemer skal være fleksible overfor ændringer som følge af ændrede brugerkrav til systemerne.
- Referencemodellen skal kunne understøtte design, implementering og drift af IT-systemer i mange forskellige brancher.
- Referencemodellen skal understøtte softwareleverandørers design, implementering, og markedsføring af IT-systemer (større marked, sikre integration af forskellige leverandørers produkter, sikre interorganisatorisk kommunikation, o.s.v.).
- Referencemodellen skal understøtte design af virksomhedens systemer, og sikre konsistens i modellerne, så disse kan ændres eller udbygges ved indførelse af nye eller ændringer af eksisterende IT-systemer.
- Det operationelle niveau (implementation description) i referencemodellen skal bidrage til at integrere informationshåndteringen mellem forskellige områder i virksomheden.

Hovedsigtet med referencemodellen er, at understøtte arbejdet med udvikling og implementering af IT-systemer (CIM-systemer) gennem opbygning af virksomhedsspecifikke modeller, der med udgangspunkt i strukturen i referencemodellen er indbyrdes konsistente. De formulerede krav til referencemodellen er forholdsvis generelle og beskriver et højt ambitionsniveau. Referencemodellen skal dække alle elementer i virksomheden, der er relateret til IT-systemer, og virksomheder i mange forskellige brancher.

I nedenstående figur **Fejl! Bogmærke er ikke defineret.** er vist indholdet i de forskellige modelleringsniveauer (kravsspecifikation, design og implementering) på det partikulære niveau (det virksomhedsspecifikke niveau). Figuren viser desuden forløbet ved opbygning af en model, hvor man gennemløber faserne kravsspecifikation (requirements definition model), design (design specification), og implementering (implementation description model). I det følgende vil hovedsageligt elementerne i kravsspecifikationen blive uddybet.



Figur 29. Modelleringsniveauer og arbejdsforløb ved opbygning af virksomhedsspecifikke modeller [AMICE, 39, p. 59].

Det øverste niveau (requirements definition model) indeholder en række forskellige synsvinkler (funktioner, regler, begrænsninger, informationer/ materialer, ressourcer og organisation). De forskellige synsvinkler danner baggrund for de allerede nævnte 4 synsvinkler i CIM/OSA modellen; funktion, information, ressource, og organisation.

Funktionssynsvinklen fastlægger de opgaver (og deres indbyrdes dynamik), der udføres i virksomheden, ved at anvende en notation, der i hovedtræk ligner IDEF0-funktionsmodellering. Opgaverne fastlægges på det overordnede niveau som forretningsområder (business processes), der igen nedbrydes til en mere detaljeret beskrivelse af de funktioner, der udføres udtrykt ved dels procedurer (procedural rule set), der beskriver flowet for det enkelte forretningsområde (business process) og dels aktiviteter (enterprise activity). Den sidste kategori adskiller sig fra procedurer ved at være en generel funktion, der kan anvendes i flere forretningsområder (business processes).

Informationssynsvinklen knytter an ved de informationer, der udgør input og output af funktionerne (business processes og enterprise activities) beskrevet under funktionssynsvinklen. Formålet er dels at fastlægge de nødvendige informationer for udførelse af de fastlagte funk-

tioner, og dels at identificere informationsentiteter, der danner grundlag for modellering på det efterfølgende designniveau.

Ressourcesynsvinklen fastlægger de nødvendige ressourcer (svarende til mekanismer i IDEF0 modellering) for udførelse af de fastlagte funktioner. Organisationssynsvinklen fastlægger, som nævnt, ansvarsområder (responsibilities) i virksomheden.

Det midterste niveau i modellen (design specification modelling level) indeholder design af bl.a. de IT-systemer, der skal understøtte de enkelte aktiviteter (enterprise activities), der, som nævnt, er det laveste niveau i funktionssynsvinklen. Modellerne på designniveauet indeholder de samme synsvinkler som ved kravsspecifikation; funktion, information, ressource, og organisation.

Implementeringsniveauet (implementation description modelling level) indeholder de samme 4 synsvinkler, som de to øverste niveauer (kravsspecifikation og design). Modellen indeholder både IT-systemer og produktionssystemer, med angivelse af maskiner og tilhørende programmeringsudstyr. På implementeringsniveauet fokuseres på bl.a. de enkelte hardware og softwarelementer, og der lægges vægt på fastlæggelse af snitflader og opnåelse af integration mellem de enkelte IT-systemer.

Afsluttende skal det bemærkes at CIM/OSA arkitekturen indtil videre ikke har vundet større udbredelse. Der er fortrinvis modelleret på det generiske niveau, mens der kun findes få eksempler på modeller på det partikulære niveau. Endvidere er den organisatoriske synsvinkel kun behandlet i mindre omfang, ligesom arkitekturen heller ikke er baseret på den objektorienterede tankegang, men anvender en tankegang på linie med ICAM projektet med adskillelse af informationer og funktioner.

Et vigtigt aspekt ved at opbygge CIM/OSA referencemodellen er på længere sigt at gøre det muligt at købe partielle delsystemer (objekter), der kan anvendes til at understøtte den enkelte virksomheds ingeniørarbejde, f.eks. systemer, der kan specificere drejeemner, huller, svejsninger o.s.v.

I den forbindelse er det en afgørende forudsætning, at der opbygges standarder for IT-baseret repræsentation af produkt- og produktrelaterede specifikationer. Under den internationale standardiseringsorganisation ISO arbejdes der i disse år med at opbygge standarder for digital specifikation af produkter - den såkaldte STEP-standard.

2.2.6 STEP STANDARDEN

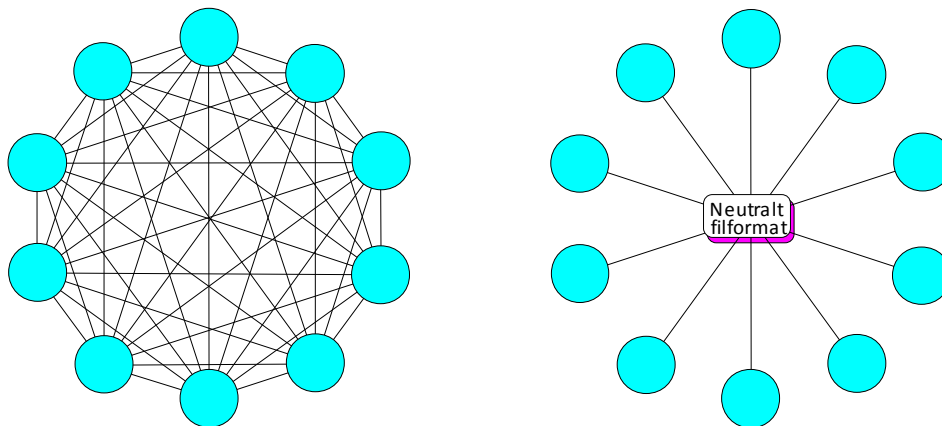
STEP (STandard for the Exchange of Product model data) er, som titlen antyder, en standard for repræsentation og udveksling af digitale produktdata. Standarden er affødt af en stigende anvendelse af CAD og CAM systemer i virksomhederne, hvilket medfører at denne kommunikation, i modsætning til tidligere hvor produktdata blev kommunikeret v.h.a. en papirtegning, nu foregår elektronisk og direkte mellem f.eks. CAD og CNC-programmeringsudstyr.

Overførsel af produktdata v.h.a. tegninger kan karakteriseres ved at de almindeligvis indeholder andre informationer end de rent geometriske, f.eks. overfladeruhed, stykliste og materiale-

angivelser. Tegninger forudsætter normalt en menneskelig fortolkning for at blive forstået. Elektronisk overførsel af produktdata adskiller sig bl.a. ved at menneskelig indblanding undgås. Derved sparer man tid og undgår fejl, men samtidig er kravene til formaliseringsgraden af produktdata betydeligt større, da der jo ikke sker nogen menneskelig fortolkning i den anden ende. Endelig er der mange redundante informationer på forskellige tegninger, der hører sammen (f.eks. i et varenetværk), hvilket medfører et stort opdateringsarbejde, når der ændres på en tegning.

Et andet vigtigt aspekt er muligheden for at kunne udveksle data mellem forskellige EDB-systemer (CAD- og CAM-systemer) fra forskellige leverandører. For at kunne kommunikere mellem forskellige systemer, der anvender forskellig fil-format, anvendes præ- og postprocessorer, der oversætter data for henholdsvis afsender og modtager. Problemet er her at antallet af præ- og postprocessorer vokser hurtigt med antallet af systemer, der skal udveksle data. Ved kommunikation mellem n systemer skal der således anvendes $n(n-1)$ processorer.

For at reducere antallet af processorer kan anvendes et neutralt filformat, hvorved antallet af processorer reduceres til $2n$ (se figur 30). Der findes idag standarder for udveksling af geometriske data via CAD-filer, men der mangler standarder for udveksling af øvrige produktdata, f.eks. produktdata, der typisk anvendes i forskellige andre CA"X"-systemer.

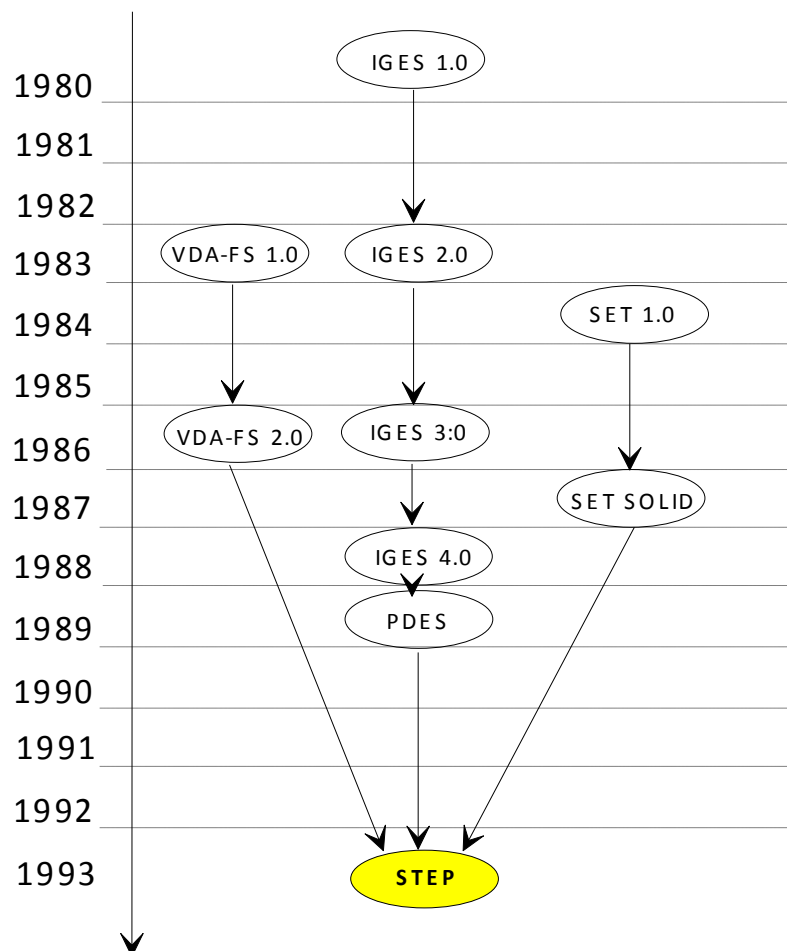


Direkte udveksling
mellem applikationer

Udveksling ved hjælp
af et neutralt filformat

Figur 30. Anvendelse af et neutralt filformat reducerer antallet af processorer [Friis og Petersen, 42, p. 55].

Der er gennem de sidste 10 år gennemført et omfattende internationalt standardiseringsarbejde for at opbygge en fælles semantisk datamodel for udveksling af produktdata. STEP standarden bygger på en række eksisterende standarder udviklet indenfor forskellige brancher i forskellige lande (se figur 31).



Figur 31. Nationale standarder, med indflydelse på STEP
[Dansk Standard, 33, p.6].

De eksisterende standarder, der danner grundlag for STEP, kan inddeles i tre hovedgrupper, hvor den første er den amerikanske IGES (Initial Graphics Exchange Specification), der oprindeligt (1980) er udviklet med henblik på udveksling af geometriske data og tekniske tegninger hos Boeing fabrikkerne i USA. Senere er standarden blevet udvidet så den i dag dækker mange forskellige geometriske entiteter. Den seneste version er fra 1992. IGES standarden har en noget uoverskuelig struktur, da den ikke er udviklet på basis af en overordnet semantisk model.

VDA-FS (Verband der Deutschen Automobilindustrie Flächen-Schnittstelle) er udviklet af den tyske bilindustri, og er et standard udvekslingsformat for overførsel af beskrivelser af 3D flader mellem forskellige CAD-systemer. Standarden er relativ enkel, da den kun indeholder 5 forskellige entiteter, hvor alle andre geometrielementer konverteres til en af disse før overførsel, og derefter konverteres tilbage af det modtagende system.

SET (Standard d'Exchange et de Transfer) er en fransk standard for udveksling af produktdata mellem CAD/CAM-systemer indbyrdes og mellem CAD/CAM systemer og centrale databaser. PDES (Product Data Exchange Specification) er betegnelsen for den amerikanske forløber for STEP, og er en forbedret og udvidet udgave af IGES.

Arbejdet med opbygning af STEP-standarder blev påbegyndt i 1983 under den internationale standiseringsorganisation ISO i en teknisk komité, TC184, der omfatter 5 subkomiteer, hvis områder er defineret ved:

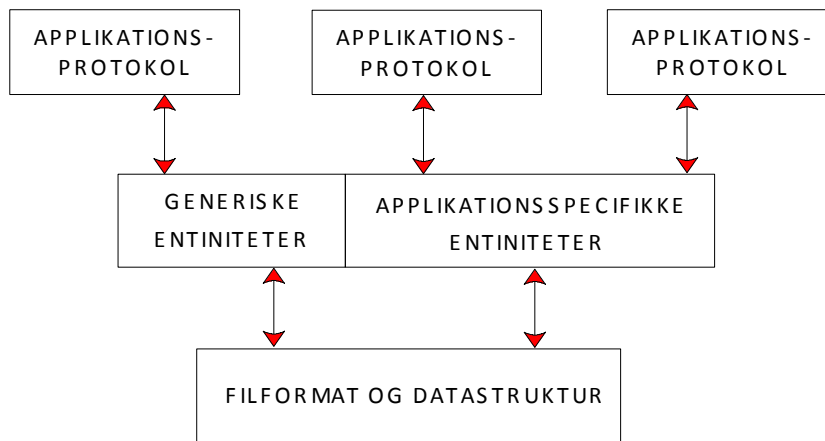
- SC 1 Numerical Control and Machines.
- SC 2 Robots for Manufacturing Environment.
- SC 3 Manufacturing Application Languages.
- SC 4 External Representation of Product Definition Data.
- SC 5 System Integration and Communication.

Arbejdet med STEP hører under subkomité 4 (SC4). I STEP-arbejdet deltager 24 nationer, de 17 er aktive medlemmer og de 7 passive (observationsstatus). Danmark er repræsenteret gennem Dansk Standardiseringsråd (DS), der har oprettet et standardiseringsudvalg (S 242) med titlen "Industriel Automatisering", der har observationsstatus i subkomité 4.

Komiteen præsenterede det første forslag til STEP-standarder i 1988. Forslaget blev forkastet, hvorefter arbejdet med udvikling af standarder blev opsplittet i en række delprojekter (parts), der herefter er blevet eller er ved at blive godkendt enkeltvis. Opdelingen i delprojekter blev gennemført ud fra en erkendelse af at arbejdet med at opbygge en standard på området var mere omfattende og kompliceret end man oprindeligt havde forestillet sig.

I arbejdet med de enkelte delprojekter har man valgt at fokusere på at udvikle de grundlæggende dele af standarden - specifikation af grundlæggende byggestene og generelle værktøjer, der skal anvendes til modellering og præsentation af produktinformation. I tilknytning til standarden er der udviklet et generelt modelleringsværktøj i form af et formelt sprog - EXPRESS, der er en objektorienteret beskrivelsesteknik [Arngrimsson, 7].

Formålet med STEP er ifølge [Dansk Standard, 33, p.5], at etablere en international standard for digital udveksling af komplet information om tekniske produkter på en sådan måde, at den direkte kan læses af og tolkes med avancerede datasystemer uden menneskelig medvirken. Standarden skal være uafhængig af både hardware og software. For at opnå dette er STEP opbygget i tre niveauer, for at gøre standarden fleksibel overfor en række implementerings- og anvendelsessituationer (se figur 32).



Figur 32. Tre niveauer i STEP-standarden [Wix, 130, p.57].

Applikationsprotokollerne, på det øverste niveau, er en model for implementering af STEP indenfor et bestemt anvendelsesområde, f.eks. en branche. Det midterste niveau indeholder dels generelle standarder med generiske entiteter til repræsentation af produkters former og egenskaber, f.eks. geometri, topologi, form, overflader, tolerancer og materiel, dels nogle delstandards med applikationsspecifikke entiteter, der benyttes af flere applikationsprotokoller. Det nederste niveau indeholder delstandards, der specificerer filformat og beskrivelse af datastrukturer.

For udveksling af produktdata er der foreløbig foreslået tre forskellige måder [ISO, 68, p.6]; udveksling af fysiske filer, direkte udveksling, og databaseudveksling. Udveksling af fysiske filer foregår ved at læse og skrive data fra en applikation i et specificeret sekventielt filformat fastlagt i STEP. Ved direkte udveksling bruger forskellige applikationer data direkte på STEP's form. Databaseudveksling betyder at forskellige applikationer læser, skriver og ændrer i en fælles database. Indtil videre er kun den første form for udveksling af data i form af fysiske filer specificeret.

STEP adskiller sig fra de tidligere standarder på området (VDA-FS, IGES, PDES, og SET) ved at de tidligere standarder fokuserer på overførsel af geometridata (tegninger), mens STEP fokuserer på alle data, der beskriver et produkt gennem produktets samlede livscyklus. STEP tager udgangspunkt i opbygning af en grundlæggende begrebsmæssig model for at undgå inkonsistens i strukturen for den endelige standard. Og endelig skal det bemærkes, at STEP er en fremadrettet standard, hvor man forsøger at standardisere et område, der endnu ikke er udviklet [Mulvad, 94, p. 39].

I forhold til den oprindelige målsætning for STEP; at opbygge en standard for repræsentation og udveksling af alle data for et produkt gennem hele produktets livscyklus, er man kun nået et lille skridt. Til gengæld er der stor enighed om at fortsætte arbejdet ud fra det fundament, der nu findes, og et stigende antal af udbydere af CAD- og CAM applikationer følger de STEP standarder, der nu findes. Desuden findes en række projekter for udvikling og implementering af STEP i forskellige brancher, f.eks. det tyske ProSTEP, der fokuserer på udvikling og implementering af STEP i automobilindustrien og den elektroniske industri.

[Arngrimsson, 8, p.28] anfører to forskellige strategier for produktionsvirksomheders anvendelse af STEP:

"Den passive anvendelse, sigter ikke som sådan mod en overholdelse af standarden. I forbindelse med egen udvikling af informationsmodeller anvendes STEP-modellerne som inspirationskilde, eller de dele af STEP modellen, der passer til virksomhedens situation, importeres og anvendes direkte i de egenudviklede modeller. Der lægges ikke særlig vægt på at bevare standardmodellens informationsstruktur.

I den aktive anvendelse sættes standarden i centrum. Strategien er at tage udgangspunkt i standarden og eventuelt udvide den til at dække egne behov - uden at ændre i den grundlæggende informationsstruktur i standardmodellen."

Den passive anvendelse sigter mod virksomhedstilpassede, skræddersyede løsninger, hvor STEP ses som en hjælp til at udføre modelleringsarbejdet, mens den aktive anvendelse lægger større vægt på at overholde STEP-standarderne for derved i højere grad at kunne anvende standardapplikationer, og for at lette den eksterne kommunikation med virksomhedens leverandører og kunder.

I forbindelse med gennemførelse af et eksamensprojekt er mulighederne for at anvende STEP i forbindelse med produktmodellering undersøgt. [Friis og Petersen, 42, p. 138] konkluderer:

"Baseret på ovenstående er det vores vurdering, at de idag godkendte dele af STEP ikke bør inddrages aktivt i en virksomhedsspecifik udvikling af et integreret videnssystem. STEP vil først kunne give virksomhederne egentlige fordele ved sådanne systemudviklinger, når der specificeres flere applikationsspecifikke entiteter og applikationsprotokoller. Disse entiteter og protokoller kan anvendes aktivt i virksomhedsspecifikke systemudviklinger til eksempelvis identifikation af relevante entitetsklasser, men vil sandsynligvis få størst betydning for virksomheder i form af, at softwareleverandører kan udvikle standardsystemer indenfor de specificerede applikationsområder."

Baggrunden for ovenstående er for det første, at STEP via sproget EXPRESS søger at dække implementering i både relationelle og objektorienterede databaser. Derved kan en model defineret i EXPRESS ikke uden videre danne grundlag for opbygning af et objektorienteret program - der skal foretages en omformulering af modellen efter principperne i objektorienteret analyse og design. Desuden mangler der en beskrivelse af en formaliseret fremgangsmåde, der kan følges ved modellering ved hjælp af EXPRESS.

For det andet er STEP-standardens endnu langt fra at være færdigudviklet, idet der stadig kun findes et fåtal af applikationsspecifikke entiteter og applikationsprotokoller. For produktionsvirksomheder vil anvendelse af STEP imidlertid have betydning ved indkøb af applikationer, idet det vil være hensigtsmæssigt at købe applikationer, der lægger sig op ad STEP-standardens. For udbydere af CAD- og CAM-systemer er STEP en særdeles relevant standard, og overholdelse af STEP-standarder er et stigende krav ved udvikling af systemer indenfor CAD/CAM-området.

2.2.7 SAMMENFATNING

I de foregående afsnit er, som nævnt i indledningen til afsnit 2.2, projektets informationsteknologiske værktøjskasse præsenteret. De gennemgåede begreber, modelleringsteknikker, arkitekturer og referencemodeller er nødvendige værktøjer for at kunne analysere og modellere den viden og information, der anvendes ved aktiviteterne i virksomhedens specifikationsflow (konstruktion og produktionsforberedelse) til specificering af produktet og dets fremstillingsforløb.

I forbindelse med analyse og modellering af viden og information anvendes normalt forskellige synsvinkler ved beskrivelse af et system, eksempelvis som vist i den såkaldte tre-skema arkitektur, hvor der findes et eksternt skema (eller fænomenmodel), der beskriver domænet, et begrebsmæssigt skema, der beskriver systemets logiske og formelle opbygning og endelig et internt skema, der beskriver systemets fysiske implementering.

De forskellige synsvinkler er relateret til arbejdsforløbet eller projektlivscyklen ved opbygning, anvendelse og vedligeholdelse af IT-systemer. I dette projekt er det valgt at anvende objektorienteret modellering, hvilket påvirker arbejdsforløbet (se *fremgangsmåden* præsenteret i kapitel 3) ved opbygning af IT-systemer, idet anvendelse af objektorienteret modellering muliggør modellering af viden, samtidig med at det letter overgangen mellem de enkelte faser i den objektorienterede projektlivscyklus.

Et vigtigt aspekt i den forbindelse er, at anvendelse af objektorienteret modellering gør det muligt i højere grad at anvende prototyping i forbindelse med udvikling af IT-systemer, d.v.s. at det bliver muligt i forbindelse med analysefasen at foretage detailmodellering (OOD-model) og evt. programmering af kritiske elementer i systemet for derved at undersøge om det er muligt at realisere den formulerede systembeskrivelse. Desuden kan prototyping anvendes til at undersøge de muligheder, der findes ved opbygning af IT-systemer (eksplorativ prototyping). Se iøvrigt [Kiil, 77] og [Vesterager, 126].

Et andet aspekt er, at anvendelse af objektorienteret modellering muliggør en højere grad af arbejdsdeling mellem f.eks. en domæneekspert, der opbygger en OOA model og en EDB-systemudvikler, der programmerer systemet, da der, som nævnt, findes en ensartet notation og struktur af modellerne gennem de forskellige faser i den objektorienterede projektlivscyklus.

Objektorienteret modellering adskiller sig fra IDEF-modellering ved, at der ved IDEF-modellering foretages en adskillelse af informationer, der modelleres som entiteter i IDEF1 informationsmodellen og funktioner (procedurer), der modelleres i IDEF0 funktionsmodellen. Ved objektorienteret modellering indeholder de enkelte objekter (der kan sammenlignes med entiteter) både informationer og procedurer, d.v.s. objekter kan tildeles en adfærd (funktioner).

IDEF0 funktionsmodellering anvendes i dette projekt til at analysere og skabe et overblik over systemets funktionelle opbygning, idet IDEF0 er en "ren" funktionsmodel, og derved hurtigere og lettere giver indsigt i systemets funktioner end den objektorienterede modelleringsteknik.

I forbindelse med opbygning og anvendelse af IT-systemer er der et stort behov for at standardisere de enkelte IT-systemers opbygning og eksterne snitflader for derved at sikre mulig-

hed for at kunne kommunikere mellem systemer både internt i den enkelte virksomhed og eksternt mellem virksomheder.

Indenfor dette område findes der to dominerende projekter. CIM-OSA-projektet, der nylig er afsluttet og omfatter opbygningen af en referencearkitektur for opbygning og anvendelse af IT-systemer i industrielle virksomheder, samt STEP-projektet, der blev begyndt i 1983 og fortsat kører. I STEP-projektet sigtes mod at opbygge standarder for udveksling af digitale produktdata. Arbejdet støttes af stærke interesser både i industrien og i softwarebranchen, og det forventes at en række af de entiteter og protokoller, der er udarbejdet i STEP-regi i de kommende år bliver ophøjet til standard.

Som nævnt i indledningen til dette afsnit 2.2 er CIM/OSA og STEP ikke anvendt direkte i dette projekt. De to projekter er taget med i denne afhandling, da de bidrager til formulering af kommende standarder. Et vigtigt aspekt i den forbindelse er, at der, som følge af en standardisering af området, kan udvikles generiske moduler (entiteter eller objekter), der kan anvendes ved opbygning af virksomhedsspecifikke systemer (baseret på opbygning af produkt- og produktrelaterede modeller), som f.eks. moduler, der beskriver drejede emner, hul, boreproces, m.v.

Udover de nævnte generelle modelleringsteknikker og arkitekturer foregår der i disse år et omfattende forskningsarbejde indenfor opbygning af systemer, der indeholder viden og information om produkter og f.eks. deres fremstillingsforløb. Arbejdet går under betegnelsen produktmodellering, og sigter mod at formulere hvorledes sådanne systemer skal struktureres og opbygges. I det næste afsnit er der omtalt en række eksempler på resultater fra projekter indenfor området produktmodellering, samt områdets relation til det overordnede begreb concurrent engineering, hvor man sigter mod at opnå øget integration og samtidighed af bl.a. virksomhedens specifikationsaktiviteter.

2.3 CONCURRENT ENGINEERING OG PRODUKTMODELLERING

2.3.1 CONCURRENT ENGINEERING

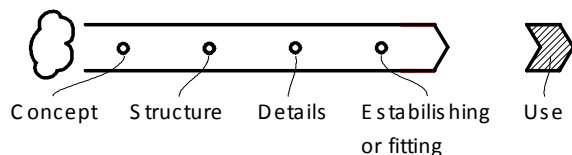
I dette afsnit vil jeg introducere en række af de begreber og referencemodeller, der anvendes i forbindelse med opbygning af viden- og informationssystemer, der kan understøtte aktiviteterne i virksomhedens specifikationsflow. Produktmodellering betegner i den forbindelse opbygning af en sådan videnbase, der indeholder viden og information om produktet og f.eks. dets fremstillingsforløb.

Indledningsvis vil jeg introducere det overordnede begreb Concurrent Engineering (CE), der betegner en tankegang, hvor man søger at opnå øget integration og samtidighed af aktiviteterne i de enkelte faser i produktets livscyklus, der udføres internt i virksomheden. Ordet integration udtrykker her et ønske om, så tidligt som muligt, i specifikationsforløbet, at få indblik i konsekvenserne for de øvrige faser i produktets livscyklus, eksempelvis produktionsforberedelse, planlægning, produktion og anvendelse, af de beslutninger, der træffes i forbindelse med produktets konstruktion.

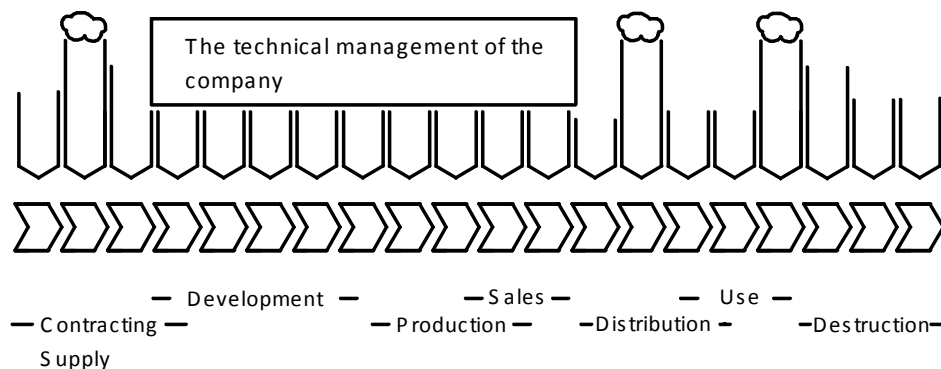
Nedenstående figur 91 viser de enkelte faser i produktets livscyklus. Overordnet gennemgår et produkt faserne; design, produktion, anvendelse og bortskaffelse [Andreasen, 5, p. 16]. De enkelte faser i produktets livscyklus er understøttet af systemer eksempelvis; konstruktion, produktionsforberedelse, produktion, salg, service, transport, genbrug/destruktion.

SYSTEMS AND LIFE PHASES:

Phases of development:



Total system innovation model:

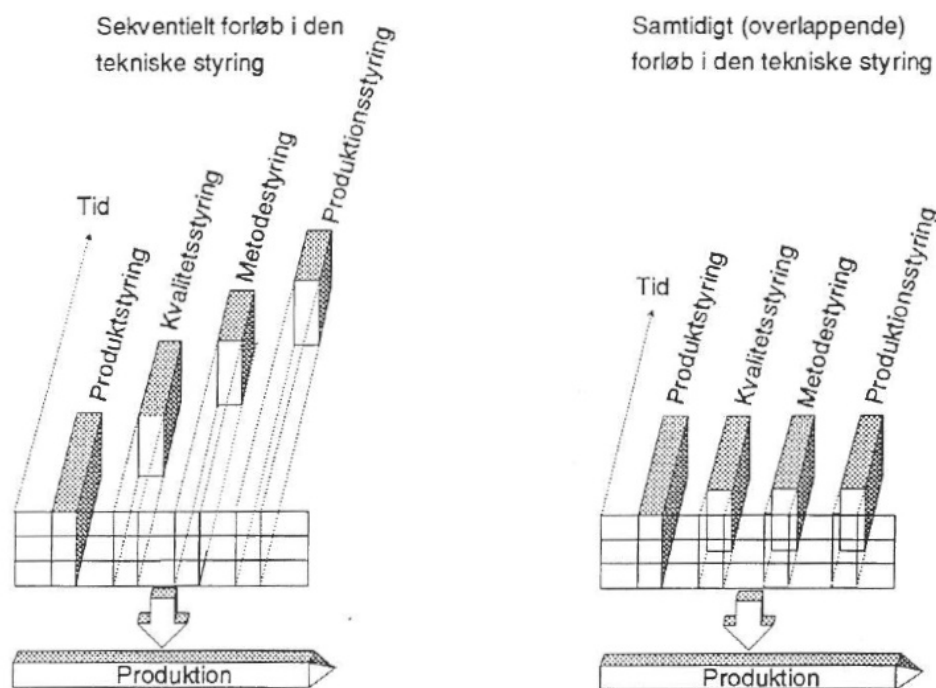


Figur 33. Faser i produktets livscyklus [Andreasen, 5, p. 17].

Det er primært systemer der understøtter de tidlige faser i produktets livscyklus med udvikling, produktion, salg o.s.v, der findes i virksomheden, mens de to sidste faser (anvendelse og bortskaffelse) ligger udenfor virksomheden. Figuren viser, som figur 6, to niveauer ved de enkelte systemer, hvor det nederste niveau er det udførende system, der udfører de daglige operationelle opgaver, mens det øverste niveau omfatter udvikling og vedligeholdelse af systemer, der varetager de daglige operationelle opgaver. Desuden er der skitseret et udviklingsforløb for udvikling af de systemer, der understøtter de enkelte faser i produktets livscyklus.

Baggrunden for den interesse, der idag er for CE er dels, at den omfattende arbejdsdeling i virksomhederne, hvor opgaverne nedbrydes i veldefinerede delelementer, stiller krav om øget integration, og dels stigende markedskrav om hurtig produktlancering som følge af stadig kortere produktlevetid og stadig mere kundespecifikke produkter.

Tidsaspektet i CE er, som nævnt, knyttet til et ønske om hurtigere og mere sikkert gennemløb ved udvikling og specifikation af nye produkter eller kundevarianter. I nedenstående figur **Fejl! Bogmærke er ikke defineret.** er vist aktiviteterne i den tekniske styring med udvikling og specifikation af produkter og produktionsmetoder, logistik, samt kvalitets- og produktionsstyring.

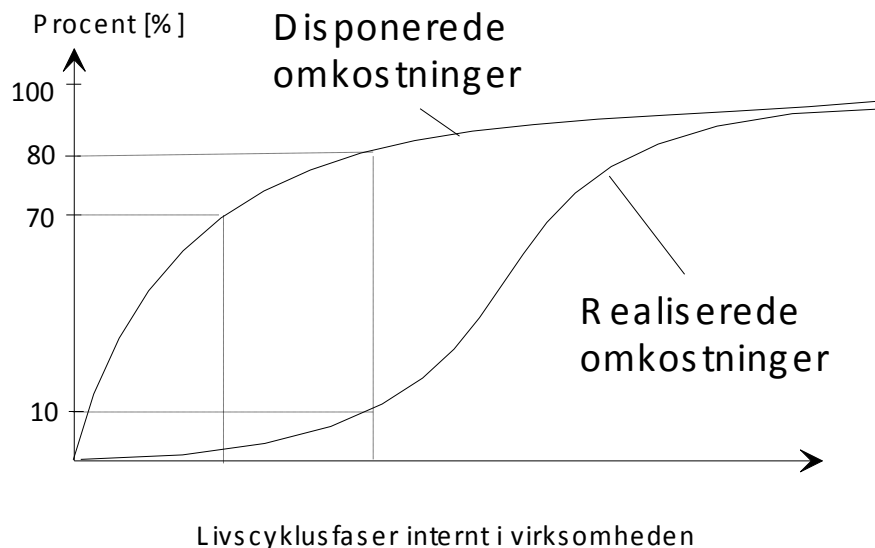


Figur 34. Sekventielt og overlappende forløb af aktiviteterne i den tekniske styring [Christiansen, 26, p. 19].

Figur **Fejl! Bogmærke er ikke defineret.** viser dels det traditionelle sekventielle forløb af aktiviteterne i den tekniske styring, og dels et forløb med samtidig (concurrent) afvikling af aktiviteterne. Ved anvendelse af CE sigtes mod at opnå et forløb med overlap, og dermed større samtidighed i aktiviteterne, samt kortere gennemløbstid fra konstruktion og specifikation af produktet til igangsætning af produktionen.

CE er således relateret til begrebet Time Based Management (TBM) [Hviid og Sant, 60], hvor der fokuseres på reduktion af gennemløbstiden og tidsforbruget for alle aktiviteter fra produktidé til marked. På grund af de stigende krav om hurtig reaktionsevne og lave omkostninger, er der mange virksomheder, der fokuserer på reduktion af gennemløbstid og tidsforbrug. Eksempelvis har ABB-koncernen [Källberg, 85], som allerede tidligere nævnt, siden 1991 arbejdet med at reducere gennemløbstiden fra ordreindgang til igangsætning af produktion, hvor målsætningen er at halvere gennemløbstiden fra orde til levering, samt at øge produktiviteten pr ansat med mellem 20 og 80%.

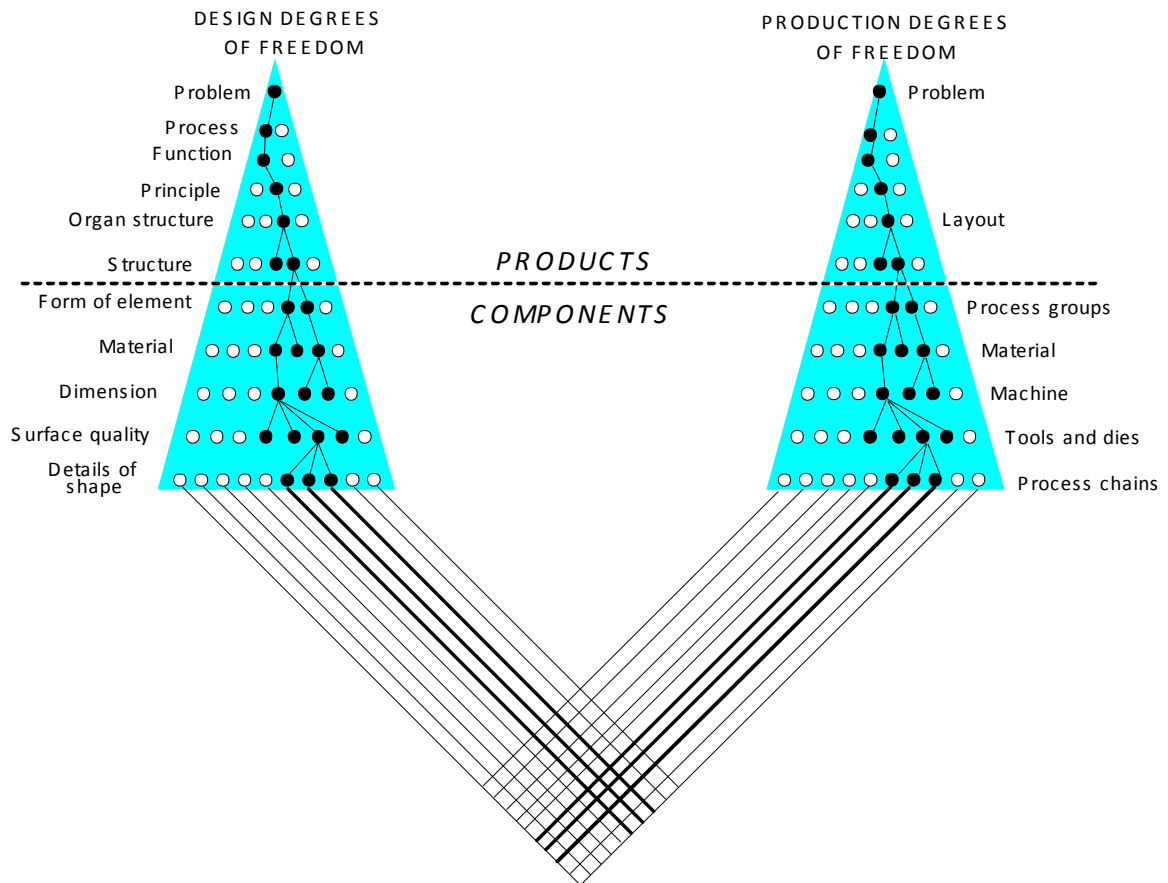
Et andet vigtigt element ved CE er reduktion af omkostninger gennem opnåelse af større indsigt i konsekvenserne af de valg (disponeringer), der foretages tidligt i udviklingsforløbet. Nedenstående figur 35 viser sammenhængen mellem disponerede og realiserede omkostninger i et produkts livscyklus [Andreasen, 4]. Det fremgår, at de fleste omkostninger er disponeret allerede tidligt i produktets konstruktionsfase, selvom de, for hovedparten, først afholdes i forbindelse med fremstilling, anvendelse, og bortskaffelse af produktet.



Figur 35. Forholdet mellem disponerede og realiserede omkostninger i produktets livscyklus [Andreasen, 4].

Ved valg af konstruktive løsninger disponeres omkostninger, der først afholdes senere i produktets livscyklus. Ved at opnå større indsigt i konsekvensen af de disponeringer der foretages, bliver konstruktøren i stand til at vælge løsninger, der medfører færre omkostninger i de senere faser af produktets livscyklus, også kaldet offerområder [Andreasen, 4].

Figur 36 viser forløbet ved specifikation af produktet og dets fremstillingsforløb, hvor løsningsrummet gradvist indsnævres fra en tidlig principskitse af dets opbygning (fra problem til fastlæggelse af produktets struktur) til en detaljeret fastlæggelse af materiale, dimensioner, og overflade. Figuren viser desuden relationer til produktets fremstillingsforløb, hvor der på tilsvarende måde foretages en indsnævring og detaljering af løsningsrummet.



Figur 36. Frihedsgrader og relationer ved specifikation af produktet og dets fremstillingsforløb [Lenau m.fl., 86, p. 141].

Relationerne på komponentniveau mellem systemet for specifikation af produktet og systemet for specifikation af produktion af produktet er vist ved de krydsende linier nederst i figuren. På de øverste niveauer er relationerne mellem de to delsystemer knyttet til en koordinering af produktets principielle opbygning og produktionssystemets overordnede opbygning med maskinbestykning og layout. På detailniveau er relationerne knyttet til en detailbeskrivelse af produktet (eller komponenter) og de tilhørende processer og proceskæder (routings).

I forbindelse med produktmodel tankegangen er det hovedsageligt relationerne på detailniveau, der er i fokus. Fra produktsiden er integrationen mellem produkt- og produktionsspecifikation behandlet gennem opbygningen af teori for opbygning af "Design for X" systemer, der er omtalt i afsnit 2.3.3. Fra produktionssiden er integrationen behandlet gennem opbygning af procesvalgssystemer også kaldet CAPP systemer (Computer Aided Process Planning) omtalt i afsnit 2.1.1, hvor man bl.a. med udgangspunkt i en anvendelse af gruppeteknologi søger at opbygge videnbaserede systemer, der er i stand til at udfærdige processpecifikationer for en gruppe af enslydende produkter [Alting, 2].

Det overordnede mål ved anvendelse af CE kan sammenfattes ved:

- Hurtigere introduktion af nye produkter eller kundespecifikke produkter (reduce time to market), ved at reducere gennemløbstiden for produktets udvikling, produktionsforberedelse, og produktion.
- Lavere omkostninger for hele produktets livscyklus internt i virksomheden, dels ved at reducere tidsforbruget ved specificering og produktion af produktet, og dels ved at vælge konstruktive løsninger, der indtænker konsekvenserne i de senere faser i produktets livscyklus, og derved vælge løsninger, der totalt set har de laveste omkostninger.

For at implementere CE anvendes forskellige tilgangsvinkler. En måde er den organisatoriske løsning, hvor man organiserer medarbejdere fra konstruktion, produktionsforberedelse m.v. i en gruppe (team work), der har til opgave at konstruere og produktionsforberede en afgrænset gruppe af produkter. Den organisatoriske løsning kan enten være permanent eller baseret på konkrete udviklingsprojekter, hvor gruppen etableres for at løse en given udviklingsopgave og derefter opløses.

En anden tilgangsvinkel går ud på at klassificere grunddata for specifikation uden anvendelse af IT, hvor man søger at understøtte arbejdet med at konstruere og produktionsforberede produkter ved hjælp af tekniske håndbøger, der beskriver en gruppe af enslydende produkter med tilhørende fremstillingsspecifikationer baseret på en gruppeteknologisk analyse af produkter eller komponenter.

En tredje tilgangsvinkel er baseret på anvendelse af IT, og bygger på begreberne features og produktmodellering som redskaber til at strukturere viden og information for specifikation af produktet for forskellige faser i produktlivscyklen, f.eks. dets fremstilling. I dette projekt fokuseres, som nævnt, på anvendelse af IT til at understøtte aktiviteterne i virksomhedens specifikationsflow, hvorfor der i det følgende vil blive fokuseret på elementer i produktmodellering, der kan understøtte netop disse aktiviteter.

2.3.2 FEATUREBEGREBET

For at understøtte konstruktionsprocessen og skabe en øget sammenhæng mellem konstruktion af produktet og f.eks. fastlæggelse af dets fremstillingsforløb anvendes et begreb, der kaldes features [Kristensen og Andreasen, 83], og [Salomons m.fl., 107]. Features (svenskerne kalder det for ingeniørelementer [Dataforeningen i Sverige, 34]) har udgangspunkt i en bestemt synsvinkel på produktet.

For indledningsvis at forklare featurebegrebet vil jeg anvende et eksempel fra byggebranchen, med design og dimensionering af et rum i en bygning [Björk, 15]. For at give en fuldstændig beskrivelse af de overvejelser, der ligger til grund for design og dimensionering af et rum, er det nødvendigt at medtage 30 til 40 forskellige synsvinkler, såsom synsvinkler der berører styrkemæssige forhold, æstetiske forhold, belysningsmæssige forhold, varmekonforhold, flugtveje o.s.v.

Det endelige design og dimensionering af rummet foregår ved en afvejning af de forskellige synsvinkler, ofte ved en gensidig forhandling mellem de implicerede parter; bygherre, arkitekt, ingeniør, elinstallatør, blikkenslager, brandmyndigheder m.v.

I forbindelse med konstruktion og metodeforberedelse af industrielle produkter er der på tilsvarende måde en række synsvinkler, der skal inddrages, eksempelvis styrkemæssige forhold, overflade, tolerancer, æstetik, produktion, montage, forsendelse m.v. I litteraturen findes en række eksempler på sådanne features, der, ifølge [Salomons m.fl., 107], kan inddeles i to hovedsynsvinkler; en konstruktionssynsvinkel (design features) og en produktionssynsvinkel (manufacturing features). Andre definerer flere synsvinkler, svarende til faserne i produktets livscyklus, eksempelvis definerer [Tjalve, 121] 5 livsfaser; udvikling, fremstilling, salg/ distribution, brug, og bortskaffelse.

I forbindelse med fase 1 af IPS-projektet (Integrerede ProduktionsSystemer), er der i delprojekt 9 "Integreret konstruktion og procesteknik", arbejdet med at definere featurebegrebet, specielt med fokus på at kombinere konstruktionsfeatures (design features) og produktionsfeatures (manufacturing features), og derved anvende features som et middel til at integrere konstruktion og produktion.

[Kristensen og Andreassen, 83] definerer forskellen mellem konstruktionsfeatures og produktionsfeatures for massereducerende processer ved:

"The difference between design and production features, is that design features consist of describing characteristics, where production features is composed of physical characteristics by blank and machine in a technological transformation."

Konstruktionsfeatures beskriver emnet v.h.a. geometri, materiale, overflade m.v., mens produktionsfeatures beskriver emnets fremstillingsforløb, der er knyttet til den maskine, der skal udføre processen samt begrebet "blank", der beskriver det materiale, der skal fjernes ved massereducerende processer, f.eks. drejning.

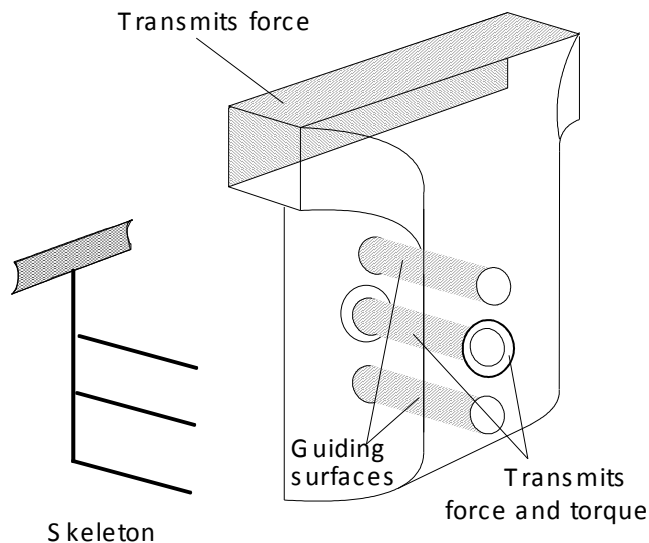
I ovennævnte IPS-delprojekt 9 er der gennemført en undersøgelse af en lang række af de features, der er beskrevet i litteraturen. Der refereres eksempler, hvor geometrielementer er anvendt til at skabe forbindelse mellem konstruktionsfeatures og produktionsfeatures, bl.a. et system for drejning af emner [Tsiotsias, 122], programmeret i CAD-systemet CATIA, hvor de beskrevne features indeholder informationer om geometri, drejeprocessen, og værktøjer, således at systemet kan bidrage med information til konstruktøren om, hvorvidt en given emnegeometri kan fremstilles med det foreliggende procesudstyr og værktøjer.

Det anføres i øvrigt, at der i litteraturen findes mange forskellige opfattelser af featurebegrebet - ud af 7 artikler med definition af featurebegrebet var der ikke to definitioner, der lignede hinanden. De store forskelle i definition af featurebegrebet hænger sammen med, at featurebegrebets specifikke indhold er knyttet til et givet anvendelsesområde, f.eks. konstruktion af emner for spåntagende bearbejdning.

Projektet konkluderer, at det ikke har været muligt i litteraturen at finde en featuredefinition, der direkte kan anvendes til formålet (integreret konstruktion og procesteknik), og har derfor

arbejdet med at opstille en featuredefinition, der kan anvendes i projektet. Udgangspunktet har været en analyse af relationerne mellem en funktionsorienteret overflade-konstruktions-feature, og en produktionsfeature for bearbejdning af emner på en drejebænk.

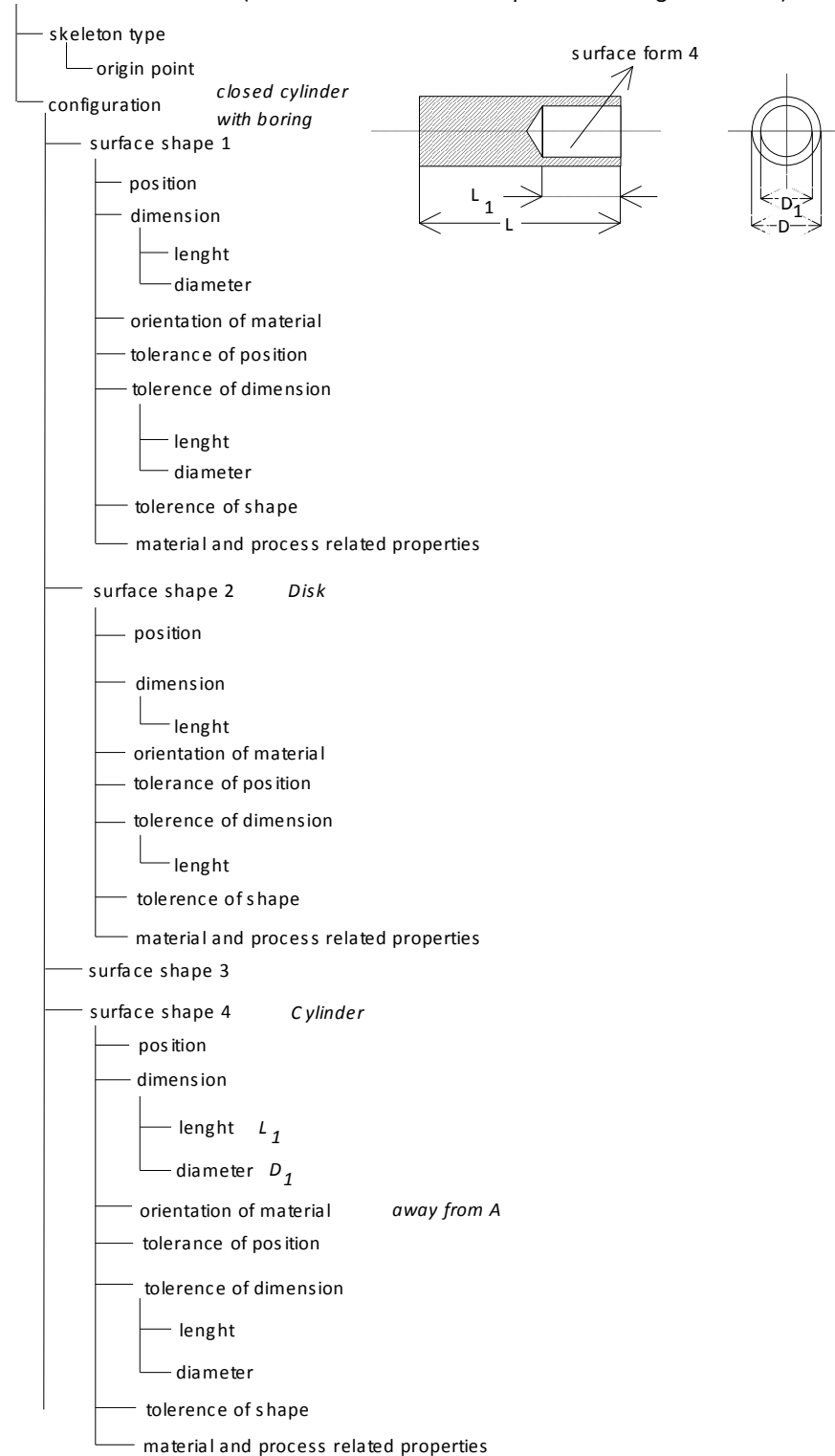
Resultatet er blevet et sæt af konstruktionsfeatures og produktionsfeatures, der er relateret til hverandre. Konstruktionsfeatures er baseret på Tjalves funktionsfladeteori [Tjalve, 121], hvor komponentens funktionsfladekonfiguration bæres af et skelet, der viser emnets overfladegeometri og funktionsflader i stiliseret form, og hvor skelettet er første skridt mod at materialisere komponenten (se figur 91).



Figur 37. Stiliseret beskrivelse af overfladegeometri og funktionsflader
[Kristensen og Andreasen, 83, p. 127].

Konstruktionsfeatures og produktionsfeatures indeholder en omfattende og detaljeret information om dels produktets geometri og funktionsflader, og dels fremstillingsforløbet med angivelse af maskine, fixturer, opstilling, og værktøjer. Den stiliserede beskrivelse af emnets geometri og funktionsflader udgør, sammen med en beskrivelse af værktøjsbaner for udførelse af de spåntagende processer, indholdet af den resulterende konstruktionsfeature vist i figur 38.

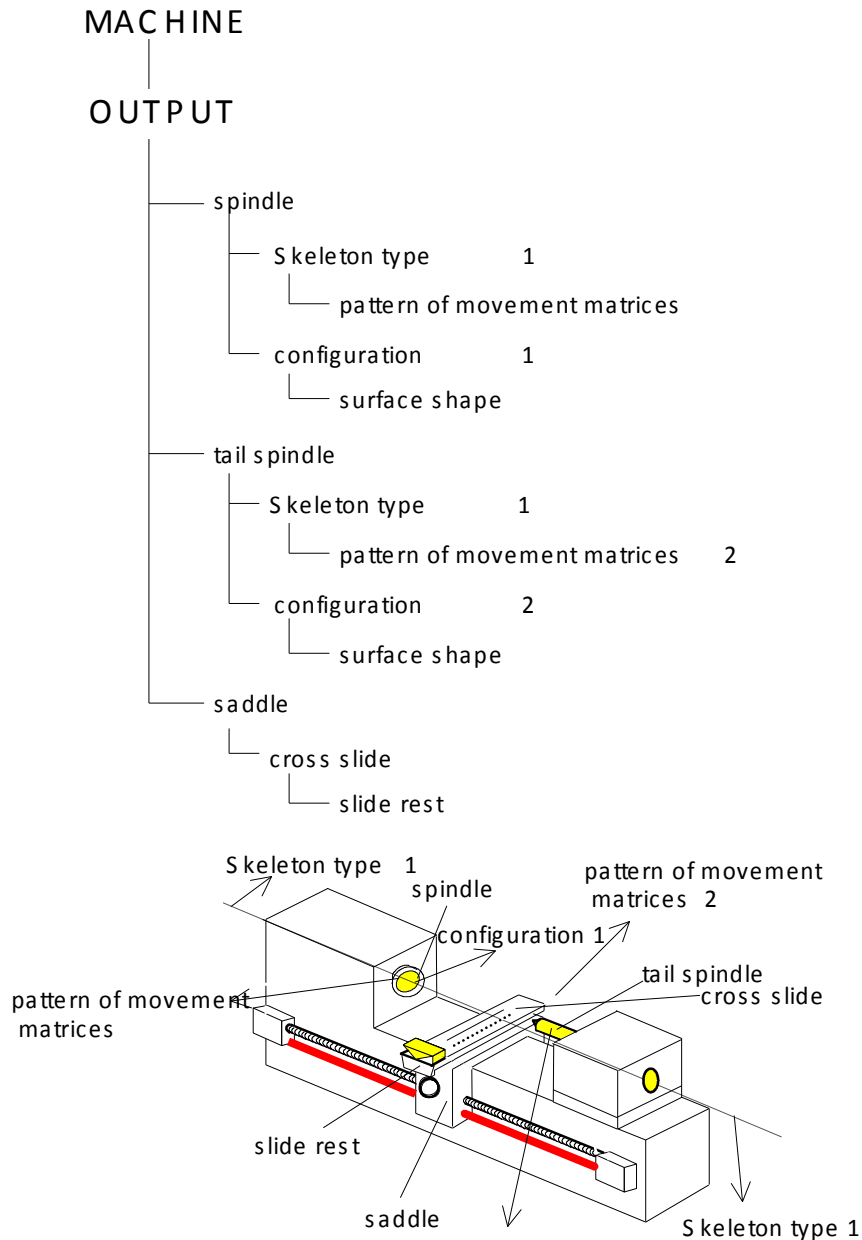
WANTED RESULT (addition of surface shape 4 - a design feature)



Figur 38. Konstruktionsfeature med angivelse af bearbejdningsflader
[Kristensen og Andreassen, 83, p. 131]

Den viste featuredefinition fremkommer ved at kombinere en såkaldt blank feature, der angiver geometri m.v. ved de enkelte forløb, d.v.s. hver gang, der tages en spån i den spåntagende proces, (beskrevet ved den resulterende form (shape) efter hvert forløb) med emnets geometri fra den oprindelige konstruktionsfeature, d.v.s. en kombination af den færdige emnegeometri og det materiale, der skal fjernes i forbindelse med fremstilling af emnet.

Processen, der frembringer den resulterende emnegeometri, er knyttet til det specifikke produktionsudstyr; maskiner, værktøjer og fixturer samt angivelse af de enkelte bearbejdnings (beskrevet ved "blanks"). Figur 39 viser en feature, der beskriver maskiner (drejebænke).



Figur 39. Feature, der beskriver drejebænke
[Kristensen og Andreasen, 83, p. 132].

[Kristensen og Andreasen, 83, p. 128] konkluderer, at indholdet i en procesdatabase til anvendelse ved featurebaseret konstruktion er knyttet til en angivelse af maskine og fixturer med givne arbejdsområder, opstilling, værktøjer, samt de enkelte værktøjsbaner (blanks). Det resulterende sæt af features består herefter af 5 elementer. Det første element er den rå konstruktionsfeature, der viser det ønskede emnedesign, det andet element viser hvorledes emnet kan frembringes ved angivelse af værktøjsbaner (blanks), det tredje element viser den resulterende geometri efter udførelse af de enkelte delprocesser, det fjerde element indeholder beskrivelse af maskiner, fixturer og værktøjer for de enkelte værktøjsbaner (blanks), mens det sidste element opsummerer den resulterende emnebeskrivelse efter udførelse af den samlede proces.

Det viste eksempel på features er knyttet til et afgrænset domæne, der omfatter bearbejdning af emner i drejebænke. Som nævnt findes der mange forskellige definitioner af features i tilknytning til forskellige anvendelsesområder. [Vesterager m.fl., 128, p. 7] definerer overordnet featurebegrebet ved:

"Feature: engineering knowledge element or concept. Features are engineering knowledge dependent and - as a consequence when talking about concurrent engineering - either dependent on the single functions in the engineering process with its purpose, viewpoint, context, and semantics, or referring to a (well)defined engineering knowledge domain (for instance turning). Product specifications are expressed in and/or perceived as features. Features can be basic/atomic (relative to an engineering knowledge domain) or compound/combined (last-mentioned normally dependent on the specific engineering task in question). A physical object described by features can be described in many different ways with highly unlike features, dependent on the perspective or the purpose of the description....."

Featurebegrebet er her defineret som et videnelement (knowledge element). Feature er relateret til en given funktion (f.eks. at konstruere eller metodeforberede) eller et bestemt domæne (f.eks. drejning eller montage af elektronikkomponenter). Featurebegrebets specifikke indhold (beskrivelselementer) kan således kun fastlægges i relation til et givet anvendelsesområde.

Produkter specificeres ved hjælp af features, der kan være relateret til et enkelt domæne eller to eller flere domæner (som i ovenstående eksempel med kombinationen af konstruktions- og produktionsfeatures). Features beskriver et emne ud fra en given synsvinkel (funktion eller domæne). Features, der beskriver det samme emne, kan dermed være vidt forskellige afhængig af synsvinklen. Implementering og anvendelse af features er knyttet til begrebet produktmodellering, der vil blive uddybet i det følgende.

2.3.3 PRODUKTMODELLERING

Begrebet produktmodellering betegner opbygning af en videnbase, der indeholder den samlede viden og information, der knytter sig til produktet i forskellige faser i dets livscyklus, f.eks. konstruktion og produktion (tegning, stykliste, routing, operationsvejledning, cnc-kode m.v.). Produktmodellering er relateret til CE og featurebegrebet ved at søge at integrere forskellige synsvinkler (f.eks. salg, konstruktion, produktion, og anvendelse) i en sammenhængende model, der således kan være sammensat af en række features.

Internationalt foregår der et omfattende forskningsarbejde indenfor anvendelse af produktmodellering. Arbejdet går dels på hvorledes produkt- og produktrelaterede modeller skal opbygges (indhold og struktur) og dels hvilken modelleringsteknik, der kan anvendes til at dokumentere modellen.

Der hersker nogen begrebsforvirring indenfor området produktmodellering. En produktmodel er, ifølge [Krause, 82], en model, der indeholder viden om produktet. Derudover er der en række andre modeller relateret til produktet f.eks. en produktionsmodel, der indeholder viden om produktets fremstillingsforløb, og en applikationsmodel, der indeholder viden om produktets anvendelse. I mange sammenhænge anvendes ordet produktmodeller derimod som en betegnelse, der bredt dækker alle modeller, der indeholder viden og information om produktet i de forskellige faser af produktets livscyklus.

I denne fremstilling anvendes ordet produktmodel som en betegnelse for en model, der indeholder en beskrivelse af produktets funktionelle og strukturelle opbygning, mens produktrelaterede modeller omfatter øvrige modeller relateret til produktet (f.eks. en procesmodel). Produktmodellering betegner aktiviteten at opbygge produkt- og produktrelaterede modeller. I det følgende vil jeg kort gennemgå nogle eksempler på indhold og struktur i produkt- og produktrelaterede modeller.

2.3.3.1 FRAUNHOFER-INSTITUTTET I BERLIN

Det første eksempel på produktmodellering er fra Fraunhofer-instituttet i Berlin, hvor [Krause, 82] har præsenteret et koncept for produktmodellering ved anvendelse af features som middel til at integrere forskellige synsvinkler på produktet. Det fremhæves at den viste arkitektur er en ramme (eller et eksempel), der kan danne grundlag for opbygning af forskellige systemer i forskellige virksomheder. [Krause, 82, p.179 - 180] definerer produktmodellering ved:

"Integrated product modelling is a concept for integrating all information concerning a product into one logical context. Information concerning geometry, topology, functions and processes will be linked and serve as a basis for other application functions as planning, scheduling or sales forecast.

Knowledge integrated product modelling will provide a semantic network, including models and methods, so that every piece of information can be evaluated within its logical context and related to the knowledge about applicable methods. Different models are used in knowledge integrated product modelling providing the kernel for integration. A model of the product will allow to store specific knowledge about a class of similar products."

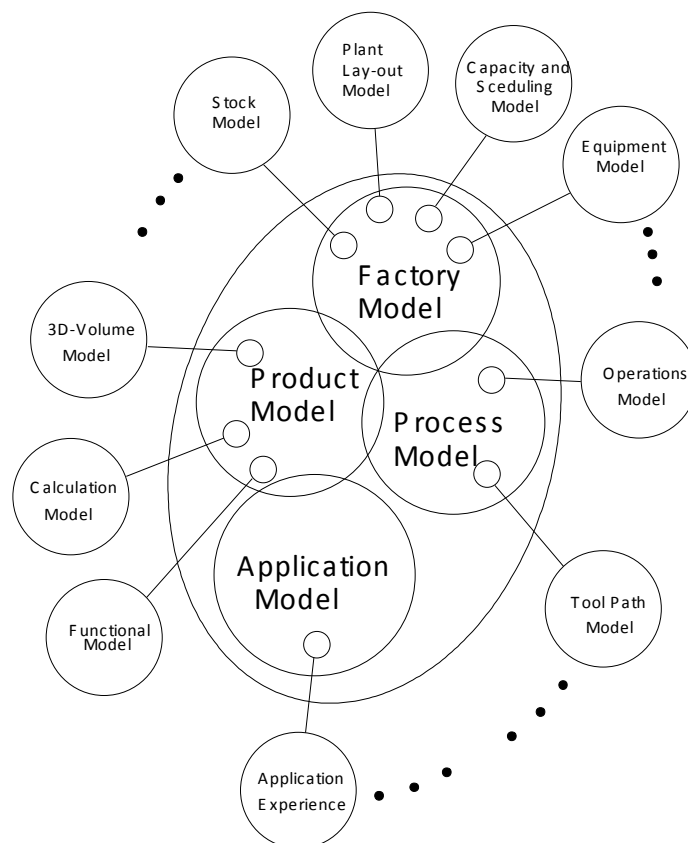
Produktmodellering ses som et middel til at samle viden og information vedrørende produktets opbygning og dets funktion i en integreret videnbase, der kan danne grundlag for overførsel af produktspecifikationer til andre delsystemer som f.eks. produktionsforberedelse eller planlægning. Modelleringen resulterer i opbygningen af semantiske net, hvor de enkelte knuder (objekter) i netværket selvstændigt indeholder viden og information. En produktmodel indeholder

viden om en klasse af enslignende produkter med fælles karakteristika og minder således om den tidligere definition og anvendelse af komplekskomponenter [Sant, 110].

Produktmodellering omfatter, som nævnt, opbygning af flere modeller, der, udover produktets opbygning og funktion, også indeholder viden og information om produktets fremstilling og anvendelse [Krause, 82, p.180]:

"Every component of the product within the product model is related to information of the application model. The application model provides those pieces of experience gathered as a feedback from field application or internal quality inspection. Manufacturing, assembly, and inspection processes are mapped within the process model. For planning activities this model serves as one basis. The other basis are information from the factory model, describing all information concerning shop floor, as transportation, cells, stations, robots, feeders and tools. The equipment model, as part of the factory model, describes more in detail properties of tools and devices."

I nedenstående figur 91 er vist en oversigt over de forskellige modeller, deres indhold og indbyrdes relationer.



Figur 40. Indhold og struktur i produkt- og produktrelaterede modeller [Krause, 82, p. 183].

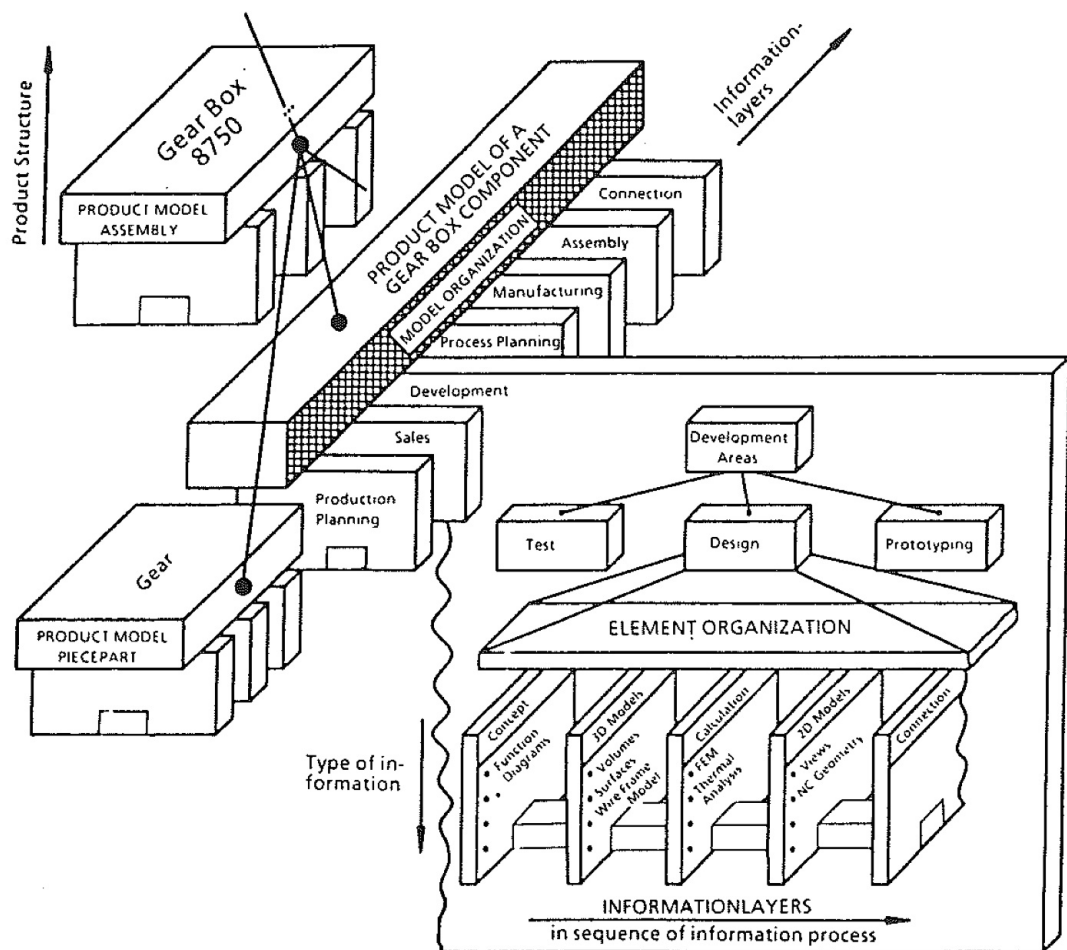
Det samlede system af produkt- og produktrelaterede modeller er inddelt i fire hovedområder:

- En applikationsmodel, der indeholder viden og erfaringsdata vedr. produktets anvendelse, herunder kvalitetsspecifikationer.
- En produktmodel, der indeholder viden om produktets funktioner og strukturelle opbygning, samt eventuelle afledede produkt egenskaber som f.eks. vægt, tyngdepunkt m.v.
- En fabriksmodel, der indeholder viden om produktionssystemet; layout, maskinbestykning, værktøjer, fixturer m.v.
- En procesmodel, der indeholder viden om de enkelte processer; værktøjsbaner, operationsbeskrivelser, opstillingsvejledning, cnc-kode m.v.

De enkelte modeller kan dels indeholde en samling af tidligere specifikationer (instanser) eller generelle beskrivelser på et højere niveau, hvorfra der kan genereres instanser. Krause skelner mellem "integrated product models", der indeholder instanser (d.v.s. et katalog over tidligere specificerede produkter), og "knowledge integrated product models", hvor den sidste kategori indeholder viden, der beskriver produktet og dets relaterede egenskaber generisk, og indeholder regelsæt for specifikation af nye instanser.

Anvendelse af features er et centralt element i Krauses koncept for produktmodellering. Krause skelner mellem "design features", der indeholder viden om produktets opbygning og funktion, og "manufacturing features", der indeholder viden om produktets fremstillingsforløb. Desuden formuleres to principielt forskellige måder at anvende features på, hvor den første fokuserer på anvendelse af features til understøtning af arbejdet med at konstruere og produktionsforberede produktet, mens den anden fokuserer på at anvende features til at analysere og beskrive eksisterende produkter (tegninger). Den sidste anvendelse er relevant ved gruppering af eksisterende produkter i produkt- eller produktrelaterede modeller.

I nedenstående figur 41 er vist et eksempel på et samlet koncept for et system, der indeholder produkt- og produktrelaterede modeller:



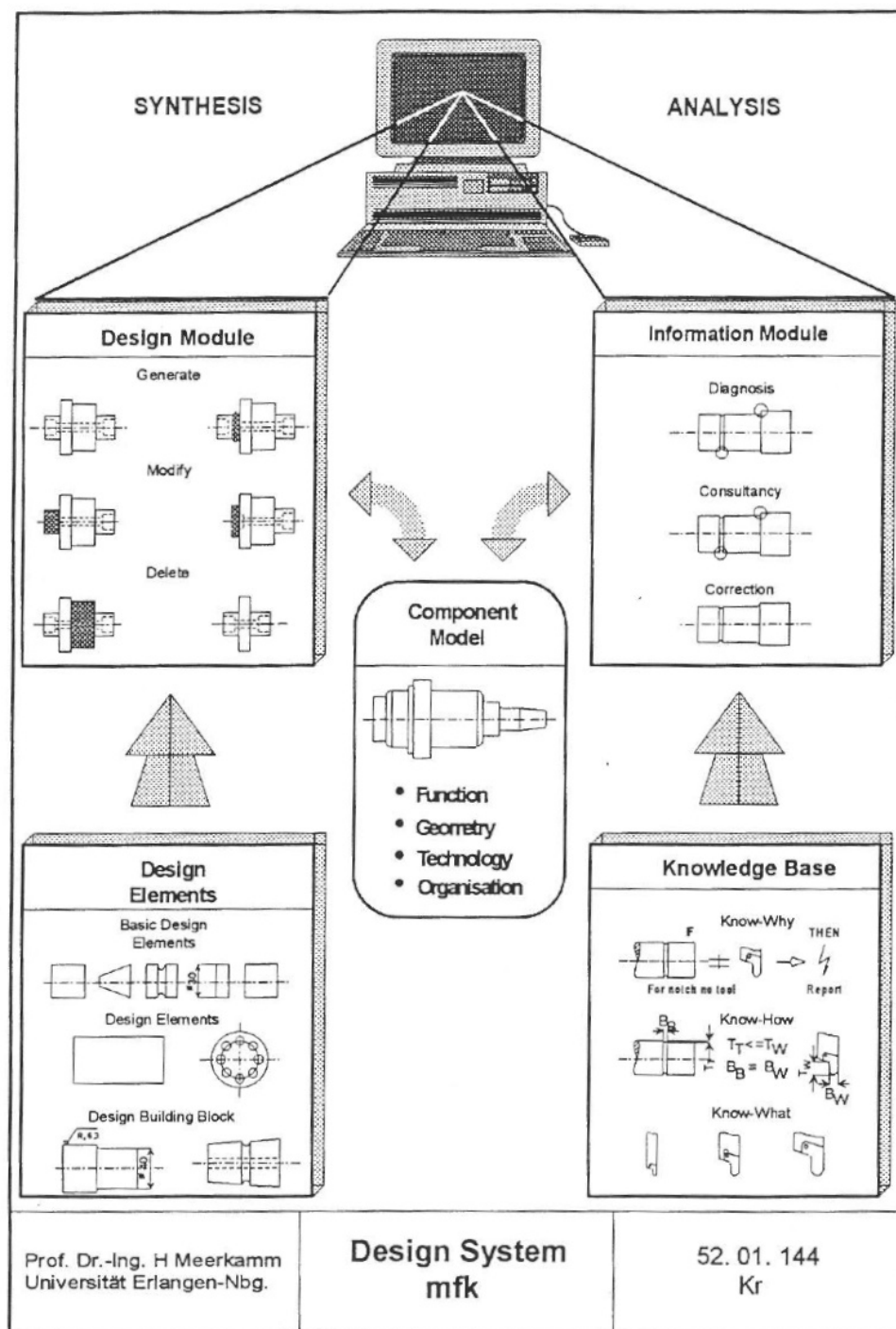
Figur 41. Koncept for opbygning af produkt- og produktrelaterede modeller [Krause, 82, p. 194].

Den samlede model er bygget op af en række lag (information layers), der indeholder forskellige synsvinkler på produktet f.eks. konstruktion eller produktionsforberedelse. De enkelte synsvinkler er igen yderligere opdelt i lag, der repræsenterer viden og information (features), der tilsammen indeholder den nødvendige viden og information for specificering af en instans ud fra den givne synsvinkel. Den samlede model kan derved generere produktkomponenter med tilhørende specifikationer, der dækker de synsvinkler, der er indeholdt i modellen.

2.3.3.2 UNIVERSITETET I ERLANGEN-NÜRNBERG

Ved universitetet i Erlangen-Nürnberg arbejder man ligeledes med opbygning af produkt- og produktrelaterede modeller. Den primære synsvinkel ved opbygning af produkt- og produktrelaterede modeller er at understøtte arbejdet med at konstruere produkter. Systemet er således opfattet som et "design for X" værktøj, der indeholder viden og information, der er nødvendig for at konstruere produkter, der er gode i relation til de synsvinkler, der er indeholdt i systemet. I artiklen, der refereres i denne sammenhæng [Meerkamm, 90], er det primært produktionssynsvinklen (design for production), der er behandlet.

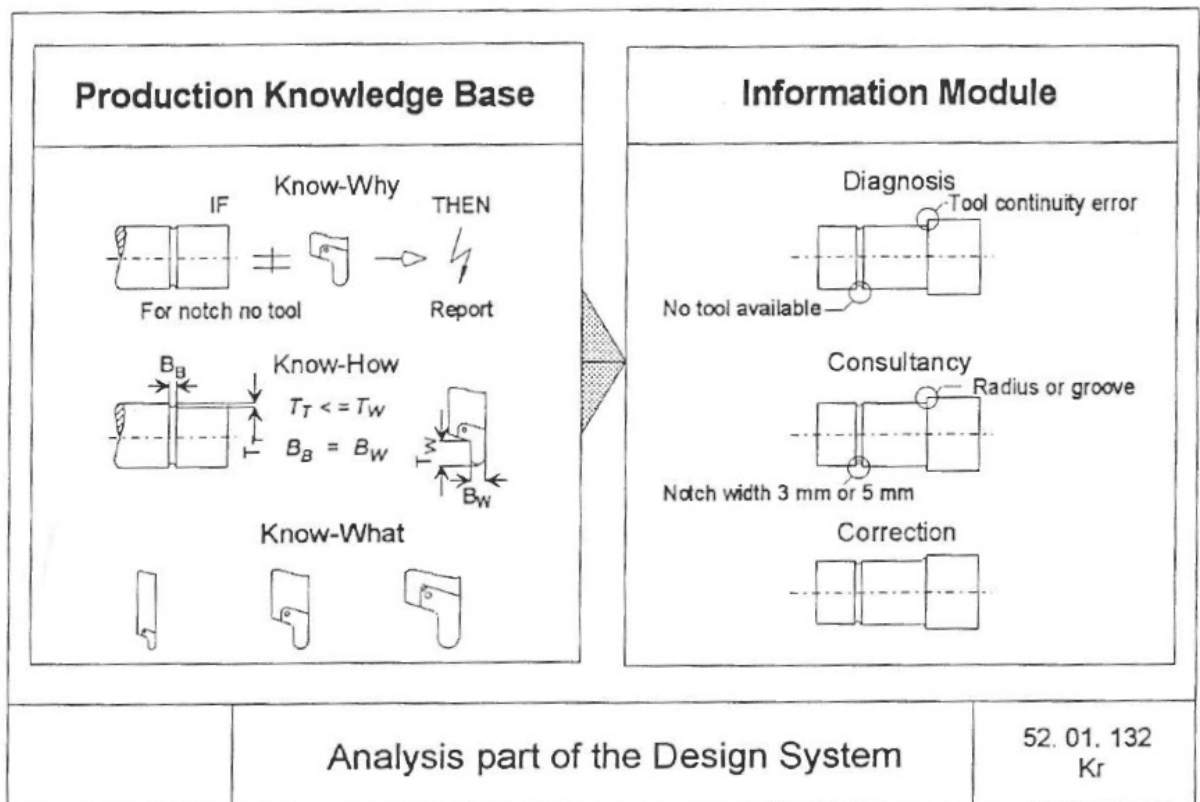
Et design (konstruktions-) system er defineret ved at understøtte konstruktørens arbejde, og der lægges vægt på at systemet kan bruges mere eller mindre aktivt af konstruktøren, således at systemet ikke nødvendigvis medfører at konstruktionsrutiner skal udføres automatisk af systemet. Systemet opbygges, så det indeholder forskellige abstraktionsniveauer, fra en overordnet skitse med angivelse af funktionsprincip til detaljeret angivelse af geometri, materiale, overflade, m.v. I nedenstående figur 42 er vist indholdet i et "design for X" system.



Figur 42. Arkitektur for designsystem [Meerkamm, 90, p. 2].

Systemet er opdelt i tre dele. En komponentmodel, der indeholder de nødvendige data for definition af produktkomponenter (instanser). En syntesedel, der indeholder generiske, objektorienterede beskrivelser af komponenter - byggestene, der ved gennemførelse af syntesen fører til dannelsen af produktkomponenter (instanser), og endelig en analysedel, hvor der foretages konsekvensberegninger for de specificerede løsninger (instanser) i relation til f.eks. tolerancer eller værktøjer. Analysedelen returnerer en vurdering af komponenten i relation til den givne synsvinkel (diagnose), samt eventuelt forslag til ændringer (råd og korrektur).

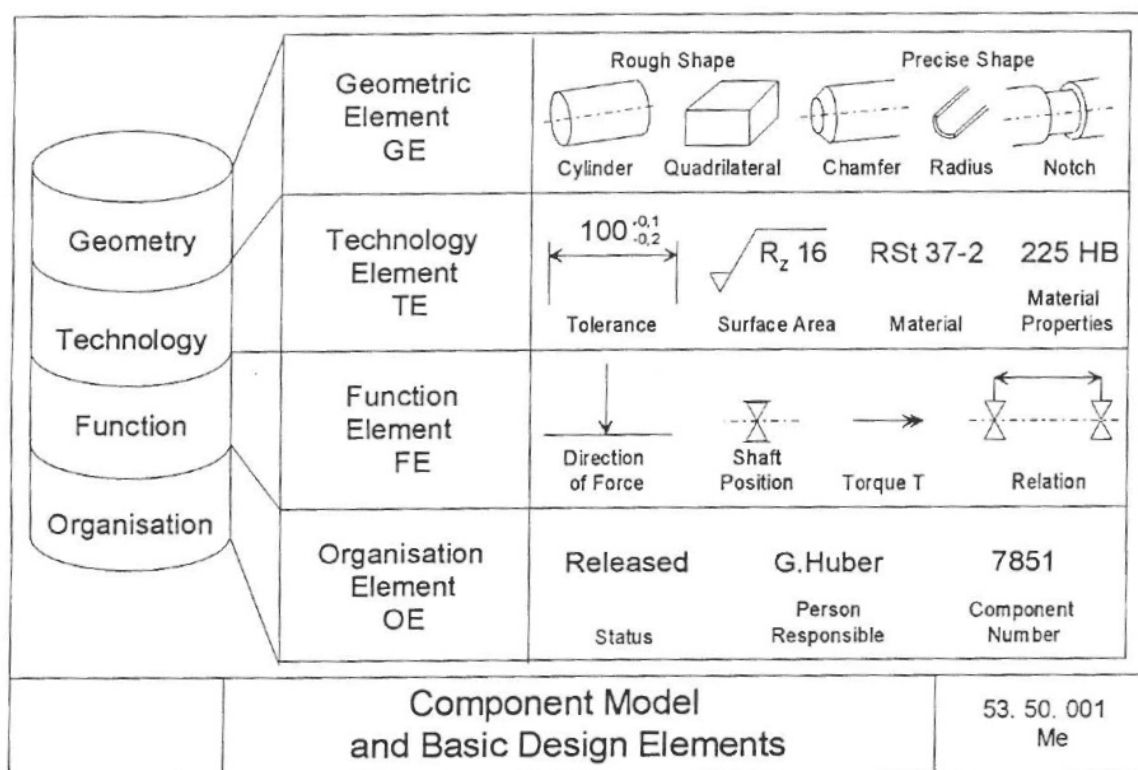
I nedenstående figur 43 er vist et eksempel på indholdet i analysedelen, der her indeholder viden og information om fremstilling af drejede emner. Videnbasen er inddelt i tre lag, hvor det øverste lag (Know-why) analyserer mulighederne for at bearbejde den specificerede komponent og udfærdiger en diagnose. Det midterste lag (Know how) foreslår eventuelle ændringer i komponentens konstruktion (Consultancy), så den kan fremstilles med de foreliggende værktøjer. Det nederste lag (Know what) udfører ændringer i komponentens konstruktion (Correction) efter at dette er godkendt af den ansvarlige for konstruktion af komponenten.



Figur 43. Analysedelen i konstruktionssystemet [Meerkamm, 90, p. 3].

Videnbasen indeholder regler for udarbejdelse af diagnose, råd, og korrektion, mens informationsdelen indeholder de udarbejdede specifikationer (diagnose, råd og korrektion), og varetager kommunikationen med de øvrige delsystemer i designsystemet.

Komponentmodellen, vist i figur 44, indeholder alle nødvendige data for specifikation og genfindning af en produktkomponent. Specifikationerne i komponentmodellen fremkommer, som nævnt, gennem syntesedelen.



Figur 44. Konstruktionselementer i komponentmodellen
[Meerkamm, 90, p. 3]

Modellen er opdelt i fire elementer. Et geometrielement, der indeholder komponentens geometriske beskrivelse. Et teknologielement, der beskriver tolerancer, overflader, materiel, og materialeegenskaber. Et funktionselement, der beskriver komponentens funktionelle opbygning med angivelse af funktionsflader, kraftpåvirkninger, moment m.v. Det sidste element er et organisationselement, der tildeler komponenter et nummer, anfører den ansvarlige for konstruktionen, og angiver komponentens status.

Med udgangspunkt i ovenstående systembeskrivelse er der opbygget en prototype for komponenter til bearbejdning i drejebænke. Prototypen, der er baseret på CAD-systemet "Sigraph Design" (Siemens), indeholder ialt 80 grundelementer (geometri, teknologi, funktion og organisation), og understøtter konstruktøren ved opbygning af komponenter og analyse af de produktionsmæssige konsekvenser af den valgte konstruktion.

Meerkamm's beskrivelse af produkt- og produktrelaterede modeller er, som nævnt, orienteret mod anvendelse i et "Design for X" værktøj og adskiller sig fra Krause ved mere at fokusere på implementeringen af produkt- og produktrelaterede modeller med beskrivelse af de enkelte analyse- og synteseværktøjer og herunder samspillet med konstruktøren.

2.3.3.3 DATAFORENINGEN I SVERIGE

Dataforeningen i Sverige har for ganske nylig etableret en interessegruppe indenfor området produktmodellering. Gruppen, har til formål at bidrage til anvendelsen af produktmodellering i

Svensk industri, herunder at øge deltagernes kendskab til produktmodellering, samt prøve at nå frem til en definition af produktmodellering og de begreber, der er knyttet til området. Initiativtagerne har senest afholdt en workshop om produktmodellering på Tekniska Högskolan i Linköping, 27 - 28 oktober 1993.

Der tages udgangspunkt i et ønske om, ved anvendelse af objektorienteret modellering og videnbaserede systemer, at understøtte arbejdet med at konstruere og produktionsforberede produkter. En egentlig definition af produktmodeller (produktmodeller betegner her både produkt- og produktrelaterede modeller) findes, som nævnt, endnu ikke. Et indlæg formulerede en række egenskaber ved produktmodeller [Dataforeningen i Sverige, 34, p. 18 - 19]:

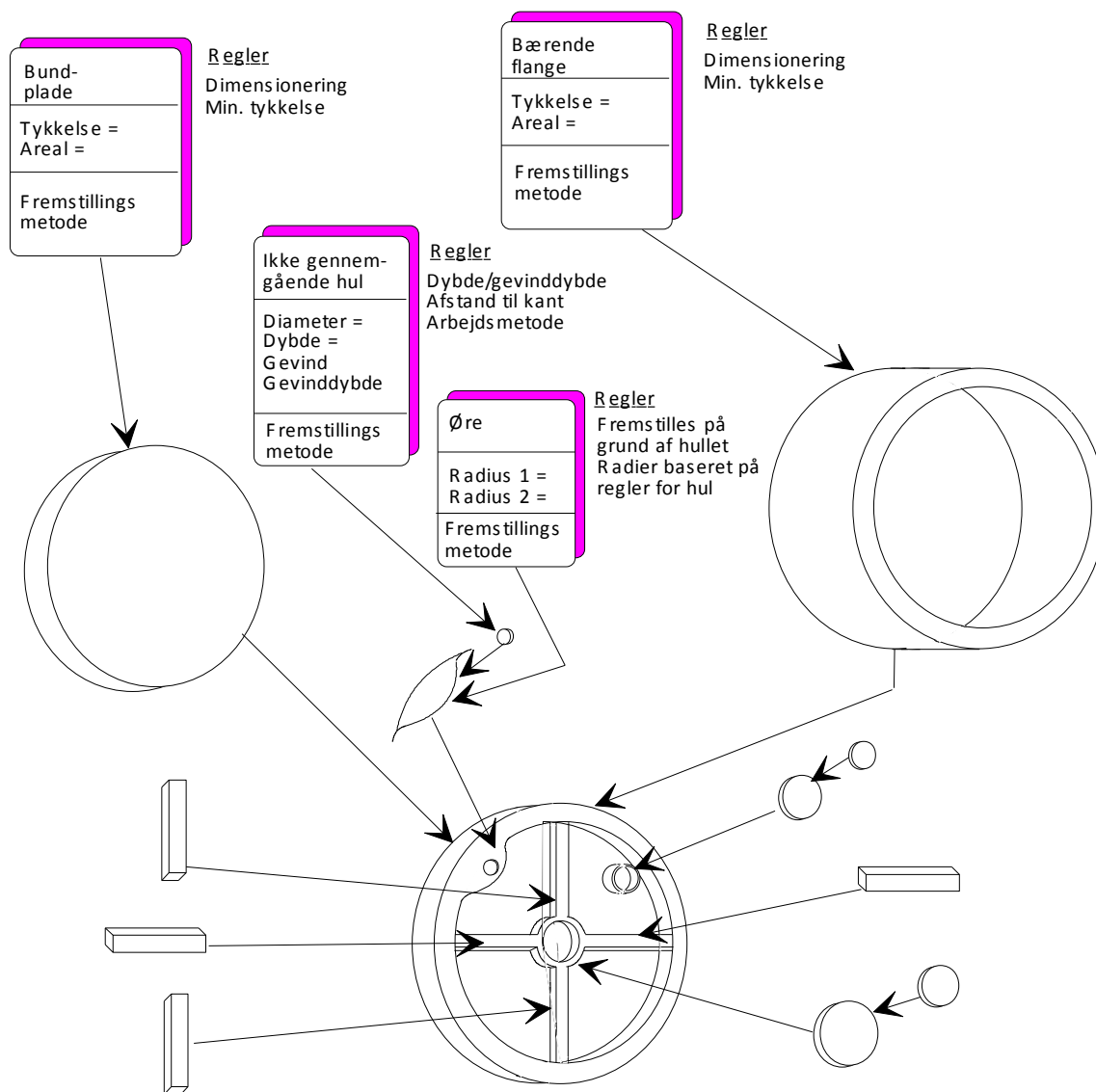
1. En produktmodel er en digital afbildning af et virkeligt eller tænkt produkt.
2. Den er opbygget af objekter, der kaldes ingeniørelementer. Disse indeholder begreber som ingeniøren normalt anvender.
3. I modellen findes relationer mellem detaljer (komponenter) og ingeniørelementer.
4. Modellen er gjort "intelligent", ved hjælp af klassificerede og typificerede komponenter, ingeniørelementer og relationer.
5. Modellen kan derfor tolkes i en efterfølgende dataproces, der ved hjælp af videnbaserede systemer (AI) kan udlede nye informationer.
6. Information i produktmodeller opbygges gradvist, og den indeholder ved hver generering af en instans tilstrækkelig information for sideordnede og efterfølgende specifikationsaktiviteter.
7. For den enkelte virksomhed findes en principmodel for virksomhedens produktfamilier. Produktorienteret viden er indbygget i disse modeller og er knyttet til ingeniørelementer. Eksempelvis ved et hul hvorledes det frembringes og f.eks. at det af styrkemæssige hensyn ikke må ligge for tæt ved en kant.
8. Produktmodellen består af to dele:
 - En geometrimodel, der angiver komponentens form.
 - En teknologimodel, der angiver den ingeniørmæssige betydning.

De formulerede egenskaber er baseret på muligheden for at foretage en digital afbildning af et produkt ved anvendelse af objekter, der beskriver de begreber (ingeniørelementer), der anvendes af ingeniøren ved konstruktion og produktionsforberedelse af produkter (komponenter). Den samlede model opfattes som et videnbaseret (intelligent) system, der er i stand til at generere nye informationer (her nye instanser af produkter).

Det antages, at der for den enkelte virksomhed kan udledes en overordnet principbeskrivelse af de produktfamilier, der findes i virksomheden. Et væsentligt element ved opbygning af produktmodeller er således opbygning af klassificerede og typificerede komponenter med tilhørende ingeniørelementer og relationer. Endelig foretages en adskillelse mellem en geometrimodel,

der indeholder en beskrivelse af form, og en teknologimodel, der indeholder "alt det andet", f.eks. materialer, tolerancer, ruheder m.v.

Opdelingen mellem geometri- og teknologimodel er forklaret ved at en tegning, eller en 3D solid model, kræver en menneskelig fortolkning, for at informationerne kan udnyttes f.eks. i forbindelse med fremstilling af emnet. Nedenstående figur 45 viser hvorledes de enkelte geometrielementer, ved anvendelse af objektorienteret modellering, tildeles en betydning (ingeniørmæssig mening).

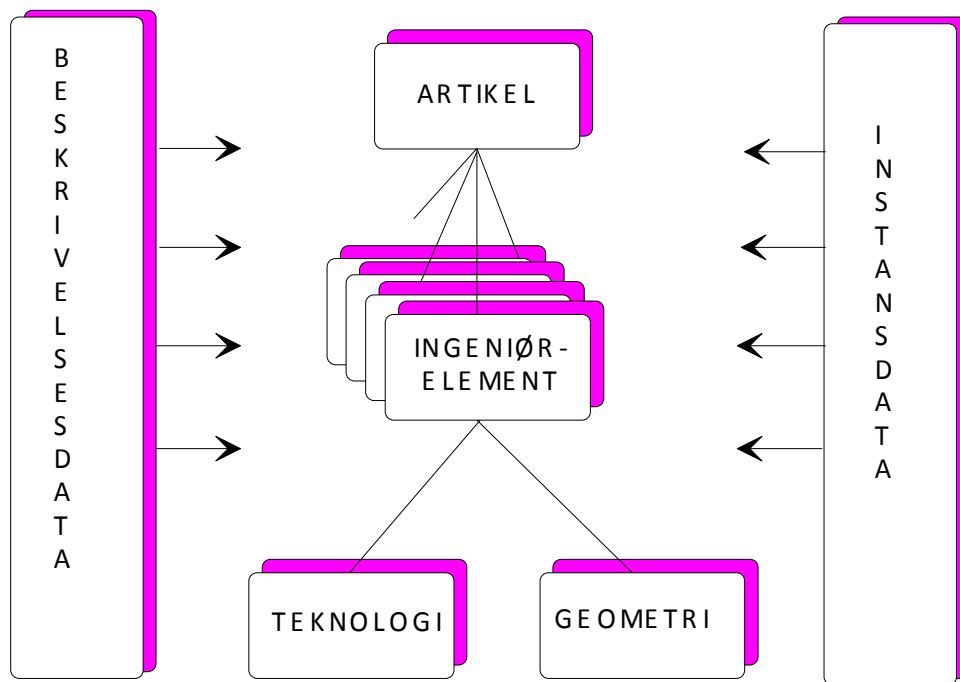


Figur 45. Objektorienteret produktmodel
[Dataforeningen i Sverige, 34, p. 21].

De enkelte dele (ingeniørelementer) er klassificeret og typificeret ved hjælp af objekternes attributter, eksempelvis er bundpladen beskrevet ved objektets attributter; tykkelse og areal. Desuden er vist hvorledes der kan knyttes regler til de enkelte dele eller ingeniørelementer.

Løvrigt anvendes en opdeling i forskellige delmodeller, som hos Krause og Meerkamm, hvor svenskerne taler om en mastermodel, der indeholder en fastlæggelse af komponentens form og funktion, svarende til Krauses produktmodel, og afledede produktmodeller, der omfatter alle øvrige modeller, f.eks. model for styrkeberegning eller model for en given proces (f.eks. drejning). Summen af mastermodel og de afledede modeller kaldes den totale produktmodel.

I forbindelse med beskrivelse af produktmodellens informationsstruktur, anvendes, som tidligere nævnt, objektorienteret modellering. I nedenstående figur 46 er vist en generel afbildning af produktmodellens informationsstruktur. Kernen i modellen er en generisk beskrivelse af komponenter (artikler), der er beskrevet ved hjælp af ingeniørelementer (features), der igen er opdelt i teknologielementer og geometrielementer.



Figur 46. Produktmodellens informationsstruktur
[Dataforeningen i Sverige, 34, p. 30].

I relation til den centrale komponentbeskrivelse findes et element, der kaldes "beskrivelsesdata", som indeholder en beskrivelse af strukturen af de enkelte ingeniørelementer, relationer mellem ingeniørelementer, og endelig de metoder (procedurer) de enkelte ingeniørelementer indeholder. Komponentbeskrivelsen og "beskrivningsdata" danner baggrund for opbygning af en applikation (videnbase), der er i stand til at generere specifikke komponentbeskrivelser (instanser), der lagres under instansdata.

Det påpeges at anvendelse af standarder er af stor betydning ved opbygning af produktmodeller, men samtidig konkluderes at der endnu ikke findes vedtagne standarder indenfor produktmodellering og features. Man følger det standardiseringsarbejde, der foregår internationalt, først og fremmest arbejdet med at udvikle STEP-standarden (se afsnit 2.2.6).

Indlæggene og diskussionerne på workshoppen gav et tydeligt indtryk, at man er "på vej", og søger at opnå en skarpere og mere entydig definition af de begreber, der anvendes ved produktmodellering, og herunder også en fastlæggelse af principper for produktmodellernes indhold og struktur.

2.3.3.4 INSTITUTTET FOR KONSTRUKTIONSTEKNIK, DTU (KROMOSOMMODELLEN)

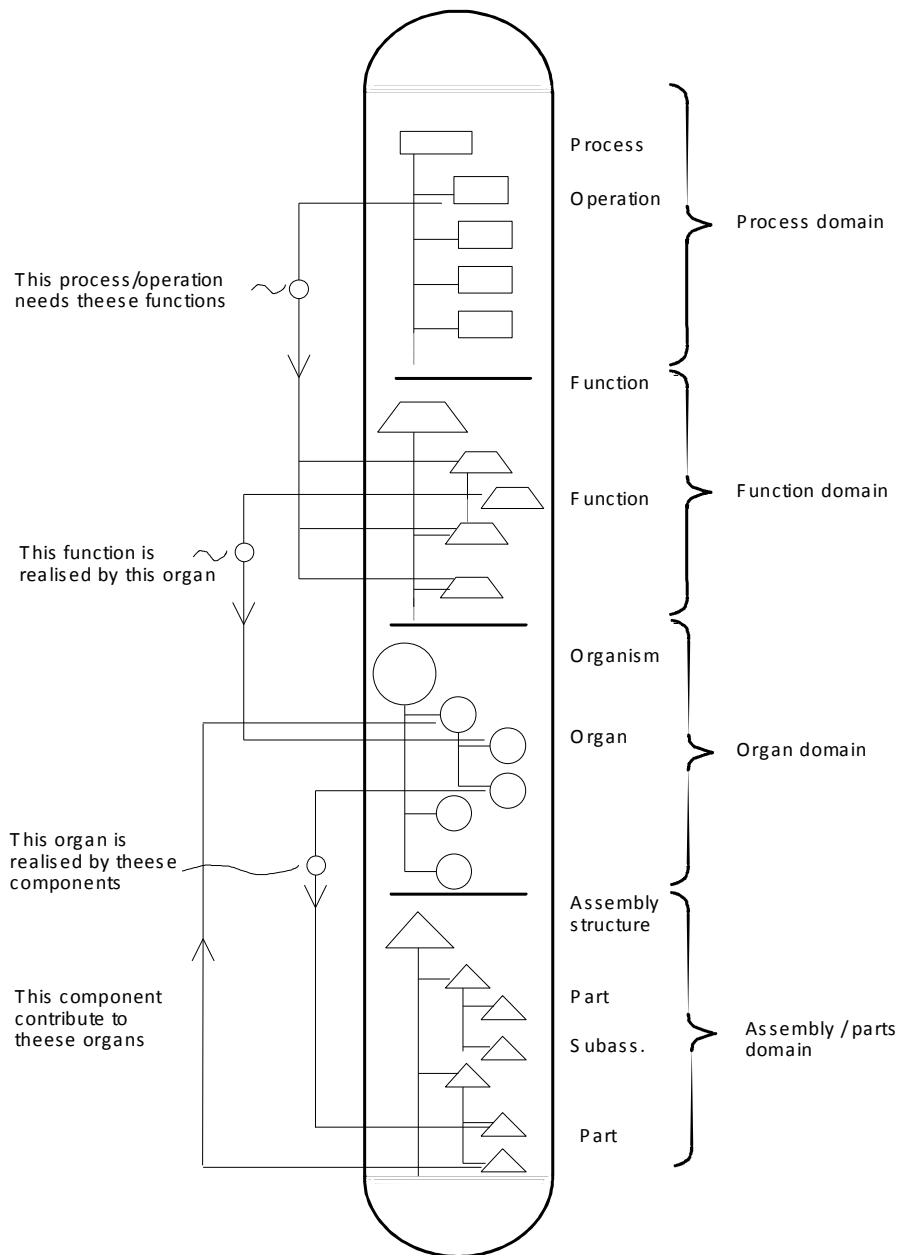
Det sidste bidrag til beskrivelse af produktmodellering, der er valgt ud i denne sammenhæng, er fra Institutet for Konstruktionsteknik, DTU, hvor man opfatter en produktmodel som en strukturel beskrivelse af produktets bestanddele opfattet som system på fire forskellige måder, d.v.s. modellen indeholder en beskrivelse af produktets funktion (processer og funktioner) og dets opbygning (organer og komponenter). Synsvinklen er, som hos Meerkamm, at en produktmodel indgår som et element i et værktøj til at understøtte konstruktionsarbejdet - et Design for X værktøj.

Produktmodellen beskrives ved at drage en analogi til et kromosom, der indeholder koden for beskrivelse af sig selv og generering af nye instanser. Kromosommodellen, vist i figur 47, er opdelt i 4 domæner. Det øverste domæne (procesdomænet) omfatter en beskrivelse af den, eller de, processer produktet er i stand til at udføre. En proces er knyttet til en bestemt teknologi. En proces udføres (realiseres) ved hjælp af et antal funktioner, der er beskrevet i funktionsdomænet. En funktion er, som i IDEF0 terminologien, beskrevet ved et input, der transformeres til output, dog kan nogle funktioner være passive (f.eks. beskytte).

RELATIONS:

CHROMOSOME:

DOMAINS:



Figur 47. Kromosommodellen [Andreasen, 5, p. 6].

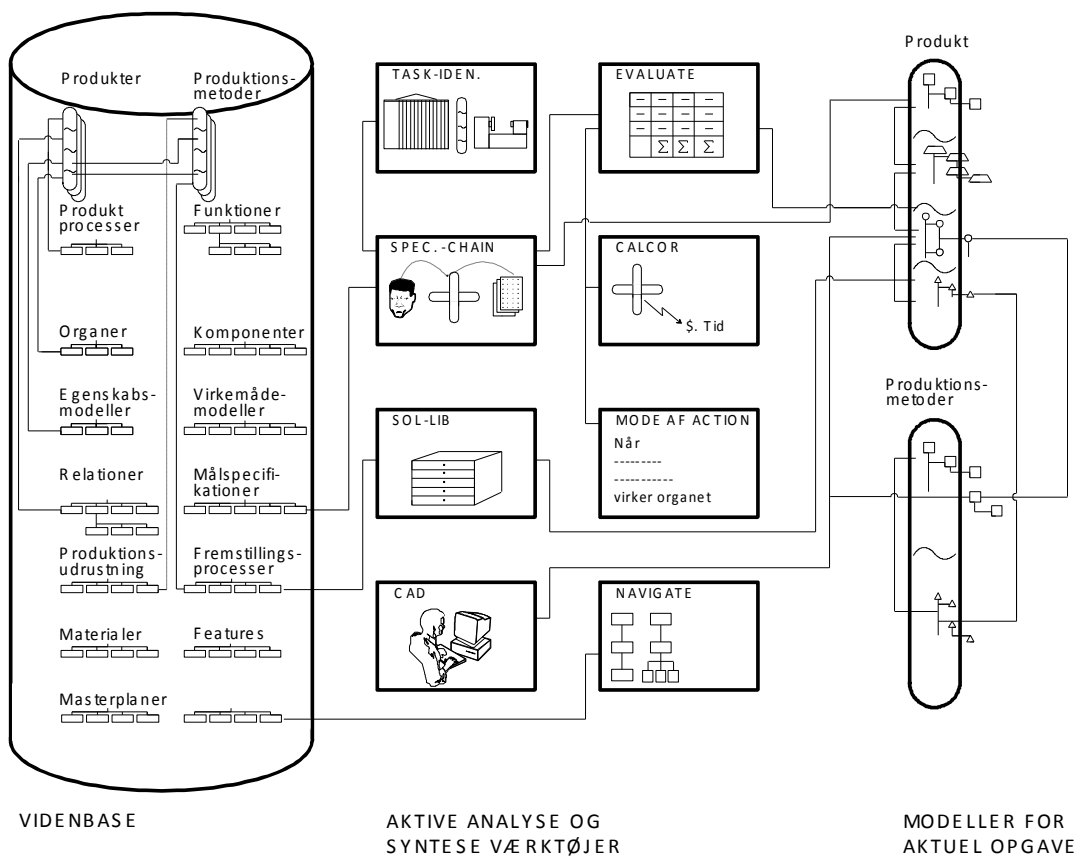
En funktion realiseres af organer, vist i organdomænet. Et organ er "et sæt af materialiserede overflader med givne relationer". Organer bidrager til at skabe overgangen mellem produktets funktioner og komponenter. Det sidste domæne beskriver de enkelte komponenter i produktet og deres indbyrdes relationer (placering i produktet). De enkelte domæner indeholder både abstrakte/ udetaljerede beskrivelser og konkrete/ detaljerede beskrivelser.

Til forklaring af den viste kromosommodel anvender [Mortensen, 92] et eksempel med en hullemaskine. Processen er her beskrevet ved et hierarki, der på øverste niveau beskrives som en "hulleproces", der igen består af to processer. En proces, der skal positionere papiret, og en

proces, der skal frembringe hullerne. Funktionerne er beskrevet ved en funktion, der skal støtte papir, en funktion, der skal styre stempel, og en funktion, der skal frembringe kraft. Organerne er beskrevet ved et organ, der skal styre, og et organ, der skal skære. Komponenter er beskrevet ved komponenterne stempel og ramme.

Kromosommodellen afspejler forløbet ved konstruktion af produkter, hvor man starter med at overveje produktets funktionelle egenskaber og derfra, via organer, nærmer sig produktets strukturelle opbygning. Modellens indhold i proces- og funktionsdomænet er således almindeligvis på et konceptuelt niveau med få detaljer, mens indholdet af organ- og komponentdomænet normalt er mere konkret og, specielt i komponentdomænet, med angivelse af alle detaljer.

Den viste kromosommodel indeholder, som nævnt, beskrivelser af produktets opbygning og funktion, og svarer dermed til produktmodellen, der ifølge Krause og Dataforeningen i Sverige er en del af et samlet modelsystem. I nedenstående figur 48 er vist indholdet i en designer's workbench (et "Design for X" system), kromosommodellen er her relateret til en model for produktionsmetode. Den totale model opfattes her som bestående af en videnbase, analyse- og synteseværktøjer og endelig produktmodellen og produktionsmodellen, hvor produktionsmodellen er medtaget som et eksempel på en af flere livscyklusmodeller.



Figur 48. Kromosommodellen i en designer's workbench
[Mortensen, 92, p. 3].

Det samlede modelsystem er her opdelt i en videnbase og modeller, der indeholder instanser (produkt- og produktionsmetodemodeller). Et analyse- og synteseværktøj fremkommer ved at

anvende en delmængde af den viden, der ligger i videnbasen, f.eks. viden vedr. produktionsudrustning. Analyse- og synteseværktøjerne repræsenterer en række forskellige synsvinkler, hvor der dels foretages beregninger af produktets afledede egenskaber (f.eks. styrkeberegninger eller FEM analyse), og dels hvor beskrivelserne i kromosommodellen relateres til produktets livscyklus (fremstilling, anvendelse og bortskaffelse).

2.3.4 SAMMENFATNING

I det foregående afsnit er produktmodellering beskrevet v.h.a. en række eksempler. Produktmodellering er knyttet til det overordnede begreb Concurrent Engineering (CE), der betegner en tankegang, hvor man søger at etablere en samtidig og parallel udførelse af aktiviteterne i virksomhedens tekniske styring for derved at opnå bedre integration af de aktiviteter, der udføres i forbindelse f.eks. med konstruktion og fremstilling af produktet.

CE er knyttet til produktets samlede livscyklus, dels ved at søge at opnå indblik i konsekvenserne for de senere faser i produktets livscyklus af de beslutninger, der træffes ved konstruktion af produktet, og dels ved at reducere den samlede gennemløbstid ved de forskellige faser i produktets livscyklus, f.eks. konstruktion og fremstilling, ved at udføre aktiviteterne sideløbende. I dette Ph.D.-projekt er der fokuseret på de dele af produktets livscyklus, der vedrører specifikation af produktet og dets fremstilling, d.v.s. konstruktion og produktionsforberedelse.

Featurebegrebet er et væsentligt redskab for opnåelse af IT-baseret CE. En feature repræsenterer en eller flere synsvinkler på produktet, f.eks. en konstruktionsfeature eller en produktionsfeature, der indeholder viden og information om henholdsvis produktets opbygning og virkemåde og produktets fremstilling (produktion). Det konkrete indhold af features er bestemt af det specifikke anvendelsesområde (synsvinkel), svarende til det der i forbindelse med opbygning af videnbaserede systemer kaldes "universe of discourse", d.v.s. den begrebsverden (domæne) det pågældende systemelement (feature) skal beskrive.

Features indgår i opbygningen af produkt- og produktrelaterede modeller, der kan opfattes som en realisering af de features, der er defineret, hvor de enkelte features relateres til hinanden, og den viden og information, der er repræsenteret ved de enkelte features repræsenteres i en sammenhængende model, der kan danne grundlag for opbygning af en applikation.

Produktmodellering er således en måde til at strukturere viden- og information vedr. produktet og f.eks. dets fremstilling og kan derved bidrage til at fastlægge indhold og struktur i de IT-baserede systemer, der opbygges for at understøtte aktiviteterne i virksomhedens specifikationsflow.

I denne fremstilling er der refereret fire forskellige beskrivelser af produktmodellering. I det følgende vil jeg sammenfatte de fællestræk, der kan udledes af de fire beskrivelser. Som nævnt er der nogen begrebsforvirring på området. En produktmodel er hos Krause og Meerkamm en model, der alene beskriver produktets opbygning og virkemåde, Dataforeningen i Sverige kalder denne model for en mastermodel. Derudover findes en række andre modeller, f.eks. en procesmodel eller en applikationsmodel. Summen af produktmodellen og de øvrige modeller kaldes hos Krause den integrerede produktmodel og hos Dataforeningen i Sverige den totale pro-

duktmodel. I denne fremstilling anvendes produkt- og produktrelaterede modeller som en betegnelse for summen af produktmodellen og de øvrige modeller.

Et andet fællestræk er, at produkt- og produktrelaterede modeller indeholder dels generiske beskrivelser og dels instanser af produkter udtrykt ved f.eks. tegning, stykliste og routing. Den generiske beskrivelse indeholder viden og information for generering af nye instanser. I nedenstående figur 49 er vist eksempler på indhold og de to niveauer (generisk- og instans-) ved opbygning af produkt- og produktrelaterede modeller.

	← Afledede egenskaber		Relationsegenskaber (livscyklusegenskaber) →		
	Afledede egenskaber	Produkt-model	Produktions- model	Applikations- model	O.s.v.
Generisk beskrivelse	Regler for f.eks. beregning af massemidt- punkt, eller FEM-analyse	Regler for produkt- opbygning	Regler for f.eks. valg af proces og beregning af tidsforbrug	Eksempelvis regler og procedurer for fastlæggelse af kvalitets- specifikationer	
Instanser	Massemidt- punkt, FEM- beregning	Tegning stykliste	Routing operations- beskrivelse CNC-kode	Eksempelvis kvalitets- specifikationer	

Figur 49. Produkt- og produktrelaterede modeller.

På de to niveauer er der vist eksempler på indholdet, f.eks. regler for valg af proces og beregning af tidsforbrug på det generiske niveau og routings på instansniveau. De viste modeller skal kun opfattes som eksempler. Produktionsmodellen, der her er vist som én model, er f.eks. hos Krause delt op i en fabriksmodel og en procesmodel.

Afledede modeller er i dette projekt opfattet som en del af produktmodellen og indeholder beskrivelse af analyser, der kan udføres på produktet (f.eks. beregning af massemidtpunkt eller Finite Element Analyse (FEM)). Relationsmodeller betegner her modeller, der beskriver produktets relation til systemer i de senere faser af produktets livscyklus.

De viste beskrivelser af produkt- og produktrelaterede modeller kan opfattes som eksempler eller referencemodeller. Indhold og struktur af en model i en given virksomhed må fastlægges i det enkelte tilfælde, hvor der må tages stilling til, hvilke produkter eller komponenter, der skal repræsenteres i modellen, hvilke synsvinkler der skal medtages, f.eks. produktion (fabriks- og procesmodel) eller anvendelse (applikationsmodel). Endelig skal det afgøres hvilket videnrepræsentationsniveau, der skal vælges, d.v.s. om det skal være en model, der indeholder en generisk beskrivelse af produktet og regler for generering af nye instanser, eller det alene skal være et katalog med tidligere specificerede instanser.

Det specifikke indhold og strukturen af produkt- og produktrelaterede modeller i den enkelte virksomhed er i dette projekt knyttet til en analyse af aktiviteterne i virksomhedens specifikationsflow, og i forlængelse heraf en fastlæggelse af den optimale arbejdsforberedelsesgrad ved de enkelte aktiviteter. Fastlæggelse af arbejdsforberedelsesgraden og analyse af viden- og informationsindholdet i de aktiviteter, der skal understøttes fastlægger således, sammenholdt med de referencemodeller, der er gennemgået i dette afsnit, indhold og struktur i de systemer, der skal opbygges for at understøtte virksomhedens specifikationsarbejde.

2.4 OPGAVEBEGREBET

Et vigtigt aspekt ved udvikling af systemer i virksomhedens tekniske styring er en fastlæggelse af de krav omgivelserne (kunder, leverandører, offentlige myndigheder, øvrige funktioner i virksomheden o.s.v.) stiller til systemet, for derved at kunne opbygge et system, der i videst muligt omfang matcher omgivelsernes krav.

I den forbindelse er opgavebegrebet introduceret, hvor man, gennem en analyse af systemets opgave, fastlægger den fremtidige struktur for det givne system ved at analysere omgivelsernes funktionelle krav til systemet, og sideløbende hermed fastlægger systemets strukturelle opbygning.

Gennem analyse af systemets opgave arbejder man således med at fastlægge systemets overordnede struktur med udgangspunkt i bl.a. virksomhedens strategiske planlægning, for derved at sikre at det system, der opbygges matcher virksomhedens overordnede målsætning og strategiske planer.

I dette projekt vil jeg søge at anvende opgavebegrebet ved udvikling af systemer til specifikation af produktet og dets fremstillingsforløb, hvor hovedsynsvinklen, som nævnt, er fastlæggelse af den optimale arbejdsforberedelsesgrad i virksomhedens specifikationsflow, og i forlængelse heraf udvikling af systemer til at understøtte de aktiviteter, der skal udføres med en høj arbejdsforberedelsesgrad.

I dette kapitel vil jeg beskrive indholdet i opgavebegrebet, der særligt gennem de seneste 10 til 15 år har dannet baggrund for udvikling af virksomhedernes tekniske systemer (produktion, produktionsstyring, og konstruktion/produktudvikling).

Opgavebegrebet er oprindeligt anvendt (i UPS-projektet), som et redskab til at udvikle produktionssystemet i en konkret virksomhed, således at produktionens politikker og strukturer er i overensstemmelse med de krav, der stilles fra produktionens omgivelser. Gennem to danske projekter, ViPS-projektet og UNIC-projektet, er opgavebegrebet endvidere anvendt i forbindelse med udvikling af virksomhedens produktionsstyringssystem (ViPS), og virksomhedens produktudviklingsfunktion (UNIC). Formålet med at inddrage opgavebegrebet i denne sammenhæng er at undersøge, om fremgangsmåden anvendt i de nævnte projekter, med formulering af systemets opgave, fastlæggelse af det overordnede systemkoncept, og endelig den detaljerede udvikling og implementering af systemet, kan overføres til udvikling af systemer til specificering af produktet og dets fremstillingsforløb.

2.4.1 BAGGRUND

I dansk industri er opgavebegrebet særligt blevet udbredt og anvendt gennem tre større udviklings- og formidlingsprojekter; UPS-projektet [Rode og Sant, 105], der introducerer produktionsopgaven [Nielsen, 95], ViPS-projektet, der introducerer produktionsstyringsopgaven [Johansen, 71], og endelig UNIC-projektet, der fokuserer på udvikling af virksom-

hedens konstruktionsfunktion med udvikling og specificering af produkter, og dertil introducerer udviklingsopgaven [Kirkegård, 79].

Opgavebegrebet, der danner baggrund for de nævnte danske projekter, vandt internationalt udbredelse sidst i halvfjerdserne. Skinner introducerede produktionsopgaven i 1978 [Skinner, 115, p. 98-123]. Baggrunden for den stigende interesse for fastlæggelse af et systems opgave var de turbulente markedsforhold, og i den forbindelse en stadig kortere produktlevetid, der opstod i kølvandet på oliekrisen i 1973-74 efter en lang periode med stabile markedsforhold og konstant øget efterspørgsel.

En anden vigtig faktor er, at der, i forbindelse med de ændrede markedsforhold, hvor det i stigende grad er købers marked, opstod en fornyet interesse for rationalisering af virksomhedernes produktionssystemer. Produktionsopgaven skal i denne sammenhæng ses som et middel til at optimere virksomhedens produktionsfunktion ved at tilpasse de grundlæggende strukturer i produktionen (layout, processer, organisering, styringsprincipper m.v.), således at disse matcher de aktuelt gældende produkt- og markedsforhold.

Formålet med at beskrive produktionssystemets opgave er at fastlægge de faktorer, der på afgørende vis påvirker virksomhedens valg af f.eks produktionsteknologi, layout, eller organisation, og samtidig sikre en koordinering af de valgte løsninger. Baggrunden for produktionsopgaven kan sammenfattes ved følgende fire forhold:

- Produktionsvirksomheder oplever turbulente markeder, hvorfor de ydre vilkår og krav til produktionen kan ændre sig dramatisk indenfor en kort periode.
- Mange produktionsvirksomheder har ikke forstået deres produktionsopgave, og løser derfor en anden opgave end den markedet stiller.
- Mange produktionsvirksomheder sætter sig mellem to stole, og forsøger at løse flere forskellige (og modstridende) produktionsopgaver samtidigt.
- Produktionsvirksomheder bør kende den aktuelle produktionsopgave, og indrette deres produktionsstruktur og politikker derefter.

Opgavebegrebet skal iøvrigt ses som en reaktion på den opfattelse, at der kan opbygges generiske modeller af produktion og produktionsstyring, der er gældende for en given type af virksomheder eller branche. Et eksempel på en generisk model er rammesystemet for produktionsstyring, udarbejdet af Jernets Arbejdsgiverforening og Driftsteknisk Institut omkring 1970, hvor der er formuleret en detaljeret og generel model af produktionsstyringssystemet, og dets relationer til virksomhedens øvrige systemer. Der er formuleret en beskrivelse for serieproduktion [Produktionsstyring et rammesystem, 102] og enkeltstykproduktion [Produktionsstyring et rammesystem - anvendt i enkeltstykproduktion, 103].

Baggrunden for udvikling af rammesystemet var en begyndende anvendelse af EDB, og dermed et stigende behov for en detaljeret beskrivelse af produktionsvirksomheders systemer for materiale- og kapacitetsplanlægning. Rammesystemerne for serieproduktion og enkeltstykproduktion har vundet stor udbredelse i dansk industri, og har ydet et værdifuldt bidrag til virksomhedernes anvendelse af EDB til produktionsstyring.

Ved anvendelse af opgavebegrebet bryder man med den generiske opfattelse af virksomheden. Ved at formulere produktionssystemets opgave fastlægges de krav, der stilles til produktionsfunktionen i den enkelte virksomhed. I den sammenhæng kan rammesystemerne ses som en referenceramme (eller bidrag til et løsningskatalog) for udvikling af et system til en given virksomhed (svarende til rammesystemet formuleret i CIM-OSA projektet, der generelt dækker virksomhedernes anvendelse af IT, eller referencemodeller for produktmodellering gennemgået i afsnit 2.3.3).

Fastlæggelse af produktionsopgaven danner således baggrund for, at virksomheden kan fokusere produktionssystemet med valg af produktionsform, produktionsteknologi, styringsprincip og organisering med udgangspunkt i en fastlæggelse af omgivelsernes krav til produktionssystemet. I det følgende vil jeg uddybe de enkelte elementer, der indgår i fastlæggelse af virksomhedens produktionsopgave.

2.4.2 PRODUKTIONSOPGAVEN

I forbindelse med formulering af produktionsopgaven, tager Skinner [Skinner, 115, p. 98-99] udgangspunkt i et ønske om at fastlægge en given virksomheds produktionsopgave på en så operationel måde, at den kan danne grundlag for udvikling af virksomhedens produktionssystem, så produktionen i højere grad kan leve op til kravene i virksomhedens strategiske plan (opnå en fokuseret produktionsfunktion). Argumenterne kan sammenfattes ved:

- Der er i organisationen en manglende erkendelse af nødvendigheden af at have forstået sin produktionsopgave.
- Der mangler erkendelse af og teorier for produktionsfunktionens betydning for virksomhedens samlede strategiske planlægning.
- Der mangler en prioritering af produktionens målsætning.
- Den eksisterende opfattelse af produktionsopgaven er for generel og omfatter ikke virksomhedens specifikke forhold, herunder de kritiske faktorer for at kunne nå målsætningen i produktionsopgaven.
- Den eksisterende opfattelse af produktionsopgaven er ikke tilstrækkelig tydelig hvad angår opgavens konsekvenser for produktionens struktur. Der mangler en præcisering af hvilke opgaver/mål, der vælges fra eller nedprioriteres.

Der lægges vægt på at den enkelte virksomhed forstår sin aktuelle produktionsopgave, og der argumenteres for at produktionen er et væsentligt element i virksomhedens samlede strategiske planlægning, idet produktionen bidrager til at fastlægge afgørende konkurrenceparametre som f.eks. kostpris, leveringsevne, lagerbinding o.s.v.

Skinner argumenterer endvidere for, at det eksisterende opgavebegreb (1978) er for generelt, og ikke udtrykker specifikke forhold i virksomheden, herunder hvilke områder, der skal fokuseres på, for at opnå den fastlagte målsætning. Endelig er der behov for, at fastlægge en

mere operationel sammenhæng mellem den formulerede produktionsopgave og produktionens struktur.

Nedenstående er listet de væsentligste hindringer (cardinal sins [Skinner, 115, p. 110-115]) for udvikling af en fokuseret produktionsstruktur, der matcher de krav, der ifølge produktionsopgaven stilles til produktionen:

1. Man har fået en ny produktionsopgave, men kører videre med de gamle politikker og strukturer.
2. Ledende medarbejdere i produktionen har ingen klar opfattelse af produktionsopgaven.
3. Produktionens politikker og strukturer er inkonsistente og ukoordinerede.
4. Der mangler fokus - for mange teknologier, produkter og markeder. Mere end en produktionsopgave.
5. Forkert procesteknologi og udstyr til den givne produktionsopgave.
6. Der investeres kun på baggrund af økonomiske beslutninger, og ikke strategiske overvejelser.
7. Man suboptimerer efter masseproduktionens gamle dyder.
8. Produktionen organiseres efter produkt, proces og linie (masse-) produktion på en gang.

Almindelig træghed bevirker, at man fortsætter med at "gøre som man plejer", selvom kravene til produktionen er ændret. Der mangler en mekanisme, der kan udtrykke de aktuelle krav til produktionen (name of the game), så disse fremstår tydeligt. Den manglende klarhed over den aktuelle produktionsopgave bevirker endvidere, at produktionens politikker og strukturer bliver ukoordinerede, bl.a. også fordi disse kan være formuleret over et tidsrum med skiftende opgaver.

Et andet aspekt er et ønske om at fokusere produktionen, således at man undgår at skulle løse flere og modstridende opgaver i det samme produktionssystem. Eksempelvis produktion af standardprodukter i stort styktal, hvor produktiviteten er afgørende og produktion af kundespecifikke specialprodukter i små styktal, hvor fleksibiliteten er afgørende. Et resultat af at blande flere opgaver i samme produktionssystem bliver, at man organiserer produktionen efter produkt-, proces- og linieproduktion på en gang.

Produktionsopgaven ses i den forbindelse som et middel til eksplicit at udtrykke kravene til produktionen, og derved opnå en strukturering og fokusering af produktionen, så produktionen deles op i flere delsystemer, der hver fokuserer på sin opgave.

Der lægges vægt på, at de ledende medarbejdere i produktionen opnår forståelse og indsigt i virksomhedens produktionsopgave ved at gennemføre et arbejdsforløb, hvor produktets og produktionssystemets opbygning, de aktuelle markedsforhold, organisatoriske forhold, styringsrutiner o.s.v. analyseres. Det fremhæves, at ved analyse af produktionsopgaven er

erkendelsesprocessen lige så vigtig som resultatet - den formulerede produktionsopgave. En produktionsopgave der formuleres uden medarbejdernes medvirken og engagement har kun ringe værdi.

Skinner beskriver arbejdsforløbet ved analyse af virksomhedens produktionsopgave gennem fem trin, hvor det første trin omfatter en formulering af alle målene for virksomhedens produktionsfunktion. Målene udledes fra virksomhedens strategiske planlægning ved at fastlægge de krav og ønsker, produktionen møder fra markedet og virksomhedens øvrige funktioner (salg, produktudvikling, økonomi m.v.).

Det næste trin omfatter en prioritering af målene, hvor det eller de mål for produktionen, der er af afgørende betydning for gennemførelse af virksomhedens samlede strategi, udpeges og prioriteres i forhold til hinanden. Desuden foretages et valg, og herunder et fravalg, mellem mål, der er indbyrdes modstridende, eksempelvis høj kapacitetsudnyttelse og høj fleksibilitet.

I det tredje trin foretages en analyse af de(t) kritiske mål, og herunder en vurdering af om målet er realistisk opnåeligt. Kravene til produktionen og øvrige funktioner, f.eks. salg, konstruktion, eller indkøb formuleres. I den forbindelse fastlægges hvilke dele af det samlede produktionssystem, der skal fokuseres på i det videre arbejde.

I fjerde trin foretages en yderligere operationalisering af de opstillede mål, samt en analyse af konsekvenserne for produktionen, og herunder en formulering af løsningsrummet (eller ideer til løsning) for den formulerede produktionsopgave, eksempelvis; reduktion af omstillingstider ved en given maskingruppe, eller gennemløbstiden ved fremstilling af komponent A må højst være 7 arbejdsdage.

Det femte og sidste trin omfatter den endelige formulering af produktionsopgaven, og herunder eventuelt en revidering af de elementer, der er udledt gennem de første fire trin i forløbet. Form og indhold af den endelige produktionsopgave er sammenfattet gennem følgende syv punkter:

1. Formuleres i enkelte sætninger.
2. Skal udtrykke krav og begrænsninger for produktionen, afledt af virksomhedens øvrige strategi og politikker for de øvrige funktionsområder.
3. Skal udtrykke præstationskrav og målepunkter.
4. Fastlægge særlige indsatsområder (name of the game).
5. Prioritere områder i produktionen, herunder hvilke der skal ofres.
6. Skal udtrykke særlige krav til infrastrukturen, f.eks. planlægning og overvågning.
7. Formuleres som en enkelt sætning, billede eller slogan, for at sikre kommunikationsværdi i organisationen.

For at sikre kommunikationsværdi i organisationen tilstræbes det, at den samlede produktionsopgave kan udtrykkes på en eller to sider, ved hjælp af enkelte sætninger og eventuelt nogle

simple figurer. I den forbindelse foreslår Skinner i øvrigt, at produktionsopgaven sammenfattes i en enkelt sætning, billede eller slogan, der kan anvendes ved formidling af opgavens indhold i resten af organisationen.

Den formulerede produktionsopgave danner baggrund for det videre arbejde med at designe produktionssystemet. D.v.s. man går videre fra opgavens analysefase til en syntesefase, hvor de overordnede politikker og strukturer i produktionssystemet fastlægges. Syntesefasen kan omfatte design af et helt nyt produktionssystem, eller, hvad der er mest almindeligt, ændringer i det eksisterende produktionssystem.

Til arbejdet i syntesefasen er der opstillet en checkliste for revision (audit) af det eksisterende produktionssystem. Listen er et middel til, med udgangspunkt i den formulerede produktionsopgave, at fastlægge strukturen i det fremtidige produktionssystem, ved at analysere og beskrive de enkelte elementer i produktionssystemet:

1. Køb - egenproduktion
2. Kapacitet
3. Produktionsenheder
4. Udstyr og procesteknologi
5. Sammenfatning - overordnet produktionskoncept
6. Produktionsstyring
7. Arbejdskraft
8. Kvalitetsstyring
9. Produktionsteknisk udvikling
10. Økonomistyring (informationssystemer)
11. Forsyning (indkøb)
12. Organisation

Gennem analyse af de enkelte punkter udledes den ideelle struktur i det fremtidige produktionssystem, så det matcher de krav, der stilles i produktionsopgaven. Den skitserede struktur (idealsystemet) sammenholdes derefter med det eksisterende system, hvorefter der træffes beslutning om hvilke ændringer, der skal gennemføres.

I designfasen arbejdes der dels med fastlæggelse af produktionsudstyr, procesteknologi, kapacitet m.v. (det hårde), der danner baggrund for sammenfatning af det overordnede produktionskoncept med fastlæggelse af produktionsenheder og layout, og dels med styringssystemerne i produktionen, materialeforsyning, organisation m.v. (det bløde), der danner baggrund for fastlæggelse af produktionens infrastruktur.

Skinner foretager en yderligere operationalisering af ovenstående beskrivelsespunkter ved opstilling af ialt 15 spørgsmål til produktionens opbygning (det hårde), og 30 spørgsmål til produktionens infrastruktur (det bløde).

Opgavebegrebet har haft stor udbredelse i dansk industri. Med udgangspunkt i Skinners tanker er der, som nævnt, gennemført tre større udviklings- og formidlingsprojekter. Det første projekt (UPS), bygger direkte på Skinners teorier og produktionsopgaven, det andet projekt (ViPS), bygger på den del af produktionsopgaven (produktionsstyringsopgaven), der vedrører virksomhedens produktionsstyringssystemer, og det tredje projekt (UNIC), søger at anvende opgavebegrebet på de aktiviteter, der udføres i forbindelse med udvikling af produkter. I det følgende vil de enkelte projekters opfattelse og anvendelse af opgavebegrebet blive uddybet.

2.4.3 PRODUKTIONSOPGAVEN I UPS-PROJEKTET

UPS-projektet (Udvikling af ProduktionsSystemer) er gennemført i perioden 1980 til 1983 i et samarbejde mellem Centralorganisationen af Metalarbejdere i Danmark, Foreningen af Værkstedsfunktionærer i Jernindustrien i Danmark, Institutet for Produktudvikling og Jernets Arbejdsgiverforening.

Baggrunden for projektet var, som nævnt, en voksende turbulens i virksomhedernes omgivelser, hvor kravene til virksomhederne løbende ændrer sig økonomisk, teknologisk og markeds-mæssigt. Mange virksomheder oplever dermed at produktionsfunktionen er ude af trit med omverdenens krav.

Projektets formål er at introducere metoder og værktøjer til udvikling af produktionssystemer, ved at præsentere en fremgangsmåde for fastlæggelse af omgivelsernes krav til produktionsfunktionen (produktionsopgaven), samt ved at opstille metoder til at fastlægge grundlæggende strukturelle elementer i produktionen, så produktionen matcher de ydre vilkår.

UPS-projektets primære teoretiske grundlag er Skinners teori om udvikling af et fokuseret produktionssystem, hvor produktionsopgaven, som beskrevet i foregående afsnit, tjener til at fastlægge kravene til produktionen, og herunder evt. opdeling i flere produktionsopgaver, der danner grundlag for en tilsvarende opdeling af produktionen i flere delsystemer, hvor man i det enkelte produktionssystem arbejder efter en veldefineret og konsistent opgave.

I UPS-projektet genfinder man således elementerne fra Skinners teori; produktionsopgaven formuleres igennem fem trin med udgangspunkt i en fastlæggelse af de(t) kritiske mål, den resulterende produktionsopgave formuleres v.h.a. enkelte sætninger, og evt. simple diagrammer på en eller to sider, der lægges vægt på at de ledende medarbejdere i produktionen opnår erkendelse og forståelse for virksomhedens produktionsopgave, og endelig danner produktionsopgaven grundlag for opbygning af et produktionssystem (idealfabrikken), der matcher den fastlagte produktionsopgave.

Endvidere anvender UPS-projektet 30 forskellige beskrivelsespunkter, der tjener som grundlag for fastlæggelse af produktionsopgaven og opbygning af produktionssystemet (idealfabrikken). I nedenstående tabel er listet beskrivelsespunkterne fra UPS-projektet [Nielsen, 95, p. 56].

Produktlevetid	Antal procestyper
Antal færdigvarer	Uddannelseskrav
Styktal pr. år pr. produkt	Leveringstidslængde
Afsætningsstabilitet	Leveringstidssikkerhed
Sæson i afsætning	Kapacitetsfleksibilitet
Krav til fornyelsesgrad	Enkeltstyktoproduktion
Engangsproduktion	Serieproduktion
Produktvariation	Kvalitetskontrol
Produktværdi	Produktfleksibilitet
Maskinvestering pr. operation	Miljøkrav
Produktkvalitetskrav	Driftssikkerhed
Produktionens troværdighed	Vedligeholdelseskrav
Produktværditilvækst	Operationsrækkefølge
Antal varenumre	Faglige medarbejderkrav
Produktstrukturdybde	Transportudstyr

Beskrivelsespunkterne i UPS-projektet er listet i en vilkårlig rækkefølge, deres indbyrdes relationer ikke angivet, og der findes, som hos Skinner, ingen argumentation for om listen er fuldstændig og dækker de relevante synsvinkler. De enkelte beskrivelsespunkter er uddybet [Nielsen, 95, p. 57 - 86], og her er der angivet eksempler på relationer mellem de enkelte beskrivelsespunkter.

Beskrivelsespunkterne er generelle, og er tænkt som en hjælp til fastlæggelse af produktionsopgaven, idet der i det konkrete tilfælde udvælges et begrænset antal beskrivelsespunkter, der skønnes væsentlige i forbindelse med de(t) valgte kritiske produktionsmål.

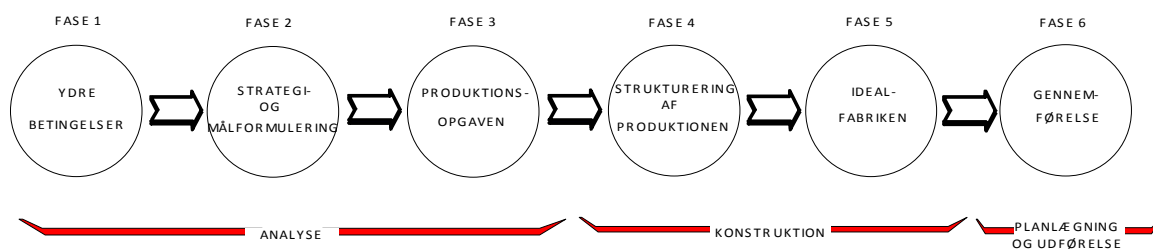
I forbindelse med produktionsopgaven findes endvidere en liste med angivelse af ialt 35 generelle løsningseksempler [Nielsen, 95, p. 88], eksempelvis komponentfabrikker, FMS, cyklisk planlægning, modularisering o.s.v. Løsningseksemplerne er, som beskrivelsespunkterne, listet i vilkårlig rækkefølge, og der er ikke foretaget en gruppering eller klassificering af løsnings-eksemplerne.

Formålet med listen er, i forbindelse med analyse af produktionsopgaven, at have kendskab til de mulige løsninger. [Nielsen, 95, p. 87] argumenterer at løsningseksemplerne "tydeliggør en

retning" og "kan bruges som støtte" ved fastlæggelse af løsningsrammerne i forbindelse med de(t) kritiske mål.

Fremgangsmåden ved fastlæggelse af produktionsopgaven svarer, som nævnt, til Skinner's fremgangsmåde med ialt fem trin med udgangspunkt i en fastlæggelse af de(t) kritiske mål. Derudover skitseres (se figur **Fejl! Bogmærke er ikke defineret.**) en samlet fremgangsmåde for udvikling af produktions-systemer, der i hovedtræk indeholder samme forløb som hos Skinner.

Fremgangsmåden omfatter tre hovedelementer; en analysedel, der resulterer i fastlæggelse af produktionsopgaven, en konstruktionsdel, der resulterer i beskrivelsen af den ideelle fabrik, samt en gennemførelsesdel, hvor idealfabrikken sammenholdes med det eksisterende produktionssystem, og hvor det beslutes hvilke ændringer, der skal gennemføres.



Figur 50. Fremgangsmåden i UPS-projektet [Rode og Sant, 105, p. 16]

De to første faser er relateret til virksomhedens strategiarbejde, og omfatter således hele virksomheden, mens de efterfølgende faser, med udgangspunkt i den udarbejdede strategi, alene fokuserer på produktionen. Resultatet af analysefasen er en formulering af produktionsopgaven, d.v.s. en specificering af hvad systemet skal kunne, givet de(t) kritiske mål, de ydre vilkår, og tildels de interne betingelser.

2.4.4 PRODUKTIONSSTYRINGSOPGAVEN

ViPS-projektet (Virksomhedstilpasset ProduktionsStyring) er gennemført i perioden 1984 til 1989 i et samarbejde mellem Driftsteknisk Institut, DTH, Instituttet for Produktudvikling, DTH, og Institut for Produktion, AUC. Projektet var finansieret af Teknologirådet.

Projektet karakteriserer sig selv som et forsknings- og udviklingsprogram, men har samtidigt lagt stor vægt på formidling af resultaterne ved udgivelse af en række hæfter, der beskriver forløbet ved udvikling og implementering af produktionsstyringssystemer, samt hæfter med eksempler (cases), der beskriver forløbet i konkrete virksomheder, der har arbejdet med udvikling af produktionsstyringssystemer, og endelig en række hæfter, der sammenfatter emner, der er relateret til udvikling af produktionsstyringssystemer, f.eks. hæfterne "Oversigt over styringsformer", og "Nye Samarbejdsformer overfor underleverandører". Desuden er der afholdt en række kurser indenfor området.

Baggrunden for ViPS-projektet er bl.a., at der i årene forud for projektet har været fokus på at automatisere produktionsstyringsfunktionen v.h.a. EDB [Produktionsstyring - et rammesystem,

102]. Mange virksomheder har indført EDB-systemer til produktionsstyring, hvilket har bidraget til en forøget effektivitet i planlægningsfunktionen, og samtidig gjort det muligt at planlægge med en væsentlig større detaljeringsgrad end tidligere.

På den baggrund argumenterer [Dam og Riis, 32, p. 13], at den stigende anvendelse af EDB har medført, at produktionsstyring ofte er blevet betragtet som en specialistfunktion i virksomheden. Dermed er opbygning af styringssystemets rutiner ofte blevet overladt til planlægningsafdelingen og en eventuel EDB-leverandør, hvilket igen har bevirket, at løsningen ofte er trukket i den retning, der EDB-teknisk har været mest hensigtsmæssig. En konsekvens heraf har været, at ledelsen i mange virksomheder har mistet overblikket over produktionsstyringen, og samtidig oplever produktionsstyringssystemet som et svagt led (missing link) i virksomheden.

Formålet med ViPS-projektet er at etablere et overblik over virksomhedens produktionsstyringsopgave og sikre en sammenhæng mellem virksomhedens produktionsstruktur og produktionsstyringssystemet. Et nøgleord i den forbindelse er styrbarhed, idet der argumenteres for, at det afgørende for et styringssystems duelighed først og fremmest er, at systemet, der skal styres, er styrbart. Et ulogisk og uhensigtsmæssigt produktionssystem kan ikke ændres til en velfungerende produktionsfunktion v.h.a. et kompliceret styresystem, hvorimod et logisk opbygget system, i balance med krav og muligheder, let kan styres på en hensigtsmæssig måde.

Projektet indeholder et analyse og diagnose værktøj til fastlæggelse af de centrale indsatsområder og problemstillinger, og introducerer begrebet styringskoncept til fastlæggelse af initieringsform og styringspunkter i produktionen. Der argumenteres for at styringsrutiner og EDB-systemer skal tilpasses den enkelte virksomheds behov, hvorfor projektet også beskriver forløbet ved den endelige og detaljerede opbygning af produktionsstyringssystemet og det tilhørende informationssystem.

Analyse og diagnosedelen sigter mod en afklaring af virksomhedens produktionsstyringsopgave ved at fastlægge de væsentligste indsatsområder for produktionsstyringssystemet (svarende til de(t) kritiske mål hos Skinner) gennem en såkaldt gabanalyse, hvor de mål, der vedrører produktionsstyringen, d.v.s. leveringsevne, kapitalbinding, og kapacitetsudnyttelse [Johansen og Mitens, 70, p. 24], fastlægges og sammenholdes med de nuværende præstationer.

Desuden arbejdes med systemets virkemåde (indre betingelser) gennem en såkaldt problematrix, hvor de væsentligste hindringer for opnåelse af de fastlagte mål afbildes ved at formulere problemer for de enkelte funktioner i virksomheden i en problematrix og afdække deres indbyrdes relationer gennem optegning af årsags- virkningskæder.

ViPS-projektet ønsker at sætte produktionsstyringen ind i en sammenhæng med virksomhedens samlede strategiske planlægning, og introducerer produktionsstyringsopgaven, som et middel til at fastlægge kravene til produktionsstyringen og relationerne til de øvrige funktioner i virksomheden, primært produktionssystemet.

Projektet har grundlæggende samme synsvinkel som Skinner, og der tages direkte udgangspunkt i Skinner's produktionsopgave, der defineres ved tre elementer [Johansen, 71, p. 55]:

1. Ydre vilkår, (produkt/ markedsrelationer)

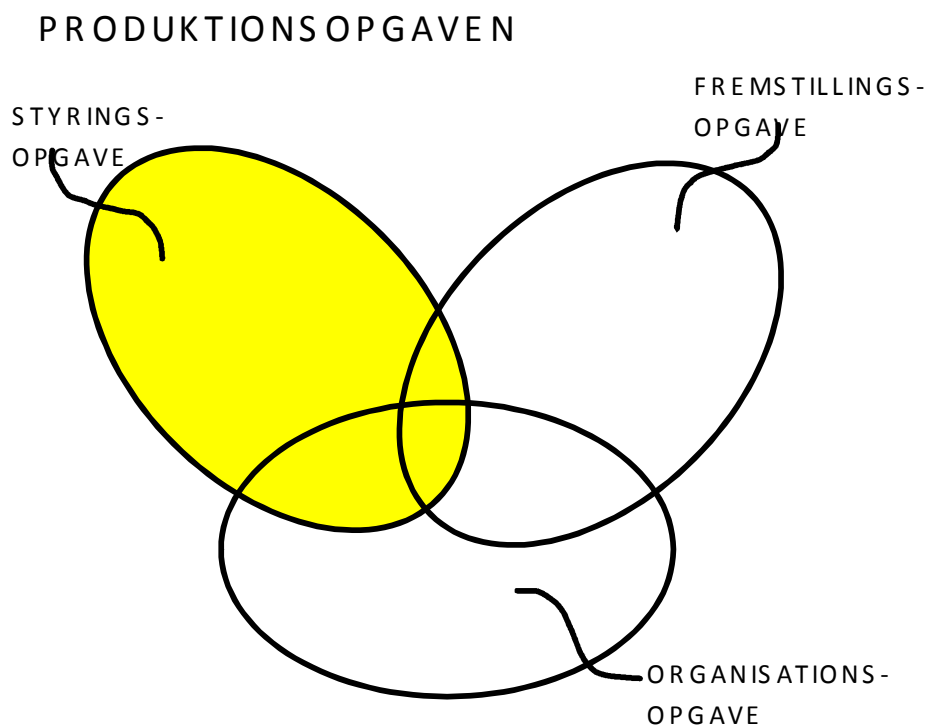
2. Indre betingelser, (organisation, systemer, produktstrukturer, økonomisk råderum, etc)
3. Erklærede mål, (leveringsevne, kapitalbinding, etc.)

ViPS-projektet adskiller sig fra Skinner og UPS-projektet ved at lægge mere vægt på bindingerne i det eksisterende system (indre betingelser), og taler ikke, som UPS-projektet, om idealfabrikken. De indre betingelser inddrages allerede ved formulering af produktionsstyringsopgaven, og ikke, som i UPS-projektet, først ved vurdering af løsningen.

Produktionsstyringsopgaven ansues som en delmængde af produktionsopgaven, idet den samlede produktionsopgave defineres ved tre delopgaver:

1. Fremstillingsopgave
2. Styringsopgave
3. Organisationsopgave

De enkelte delopgaver er indbyrdes afhængige, d.v.s. at styringsopgaven skal ses i relation til delområder i fremstillings- og organisationsopgaven. Sammenhængen mellem delopgaverne er vist i nedenstående figur 51.



Figur 51. Produktionsopgavens delopgaver [Johansen, 71, p. 57]

En vigtig pointe i ViPS-projektet er således at produktionsstyringssystemet udvikles i sammenhæng med de øvrige delsystemer i produktionen; produktionsteknik, fabriks-layout, og organisation, hvilket er udtrykt i den såkaldte firestrømsmodel [Dam og Riis, 32, p. 21]. Argumentet

herfor er, at en parallel og koordineret udvikling af de fire delsystemer giver en samlet effekt, der er betydeligt større end hvis der arbejdes med de enkelte elementer isoleret.

Produktionsstyringsopgaven er, som nævnt, defineret ved erklærede mål, ydre vilkår, og indre betingelser, på samme måde som den overordnede produktionsopgave. Produktionsstyringsopgaven ses, på samme måde som den overordnede produktionsopgave, som udgangspunktet (referencerammen) for udvikling af virksomhedens styringssystemer.

Nedenstående er sammenfattet elementerne (beskrivelsesdimensionerne) i produktionsstyringsopgaven [Johansen og Mitens, 70, p. 69]:

produktkarakteristika:

Antal varenumre

Strukturdybde/ bredde

Produktvariation

Produktlevetid/ livscyklus

Fornyelsesgrad

Leverancekrav:

Leveringstid (længde)

Sikkerhed

Troværdighed

Fleksibilitet

Afsætningskarakteristika:

Produktionsform/ styringsprincip:

Enkeltstyks/ ordreproduktion

Variantproduktion

Serieproduktion

Standard-/ lagerproduktion

Variation

Volumen/ styktal

Sæson

Prognosesikkerhed

Værditilvækst (forløb)

Layout

Operationsforløb

Materialeforsyningsvilkår:

Genbestillingstider

Sikkerhed

Underleverandøraftaler

Beskrivelsespunkterne er her inddelt i fem hovedgrupper, der beskriver produkt, og produktion, samt produktionens ydre forhold. Beskrivelsespunkterne er i hovedtræk et udvalg af de beskrivelsespunkter, der er listet hos Skinner og i UPS-projektet, hvor der i ViPS-projektet fokuseres på de beskrivelsespunkter, der vedrører produktionsstyringen.

Hovedsigtet i ViPS-projektet er, som nævnt, at udvikle virksomhedstilpassede produktionsstyringssystemer, der matcher de krav, der stilles til produktionsstyringen i den enkelte virksomhed. Projektet inddrager produktionssystemets opbygning, og fokuserer på at gennemføre en parallel og koordineret udvikling af produktionssystemet og produktionsstyringssystemet. Produktionsstyringsopgaven anvendes til at definere styringspunkter og styringsprincipper for et givet produktionssystem.

2.4.5. UDVIKLINGSOPGAVEN

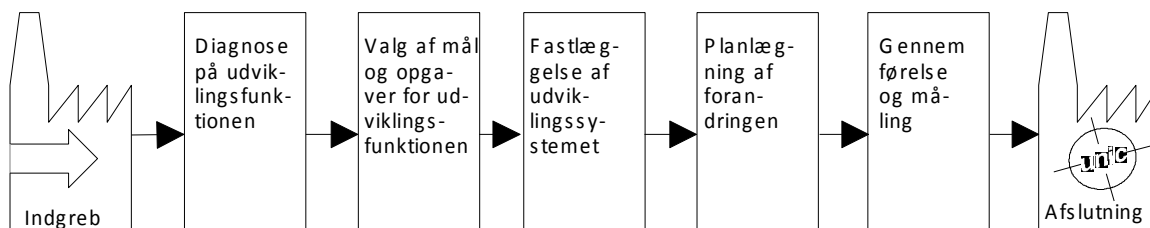
UNIC-projektet (Udviklingsevne I Centrum) er gennemført i perioden 1986 til 1988 i et samarbejde mellem Jernets arbejdsgiverforening, Institutet for Produktudvikling, DTH, og konsulentfirmaet Sant + Bendix A/S. Projektets formål er, "at skabe fremgangsmåder og baggrund for at danske virksomheder kan styrke produktudviklingsevnen" [Kirkegård, 79].

Projektet anvender opgavebegrebet som et middel til at skabe overblik og struktur over de opgaver, der findes i udviklingsfunktionen. Udviklingsopgaven ansues som en funktionel beskrivelse af udviklingsfunktionen, d.v.s. en fastlæggelse af de opgaver udviklingsfunktionen løser, og de mål den realiserer. I modsætning hertil ansues udviklingssystemet som systemets strukturelle opbygning; organisationsstruktur, beslutningsstruktur, personer m.v.

Baggrunden for UNIC-projektet er, som hos Skinner, en opfattelse af, at omgivelsernes krav til systemet løbende ændres (skærpes). Det er derfor nødvendigt at gennemføre en fornyelse af udviklingsfunktionen, således at denne kan leve op til de skærpede krav, f.eks: kortere udviklingstider og produktlevetid, og krav om øget tilpasning til individuelle kundeønsker. Et andet forhold er, at medarbejderne i udviklingsfunktionen, ofte vælger at løse presserende kundeopgaver først, og skubber andre typer af opgaver, herunder nyudviklingsprojekter, til side. Der er derfor behov for en mere bevidst styring af ressourcerne i udviklingsfunktionen, så aktiviteterne ikke alene styres af kortsigtede kundekrav.

Udgangspunktet for fastlæggelse af udviklingssystemets opgave er, som i ViPS-projektet, en diagnosefase, hvor udviklingssystemets nuværende virkemåde afdækkes - en fastlæggelse af hvilke opgaver, der løses i dag, og med hvilke resultater. Herunder foretages en gabanalyse for at fastlægge de væsentligste indsatsområder i relation til virksomhedens målsætning, og der arbejdes mod at opnå en indsigt i de væsentlige problemer, og deres indbyrdes relationer i udviklingssystemet.

Med udgangspunkt i den udarbejdede diagnose og virksomhedens strategiske grundlag foretages en vurdering af de opgaver, udviklingsfunktionen skal løse fremover. Udviklingsopgaven kan dermed danne grundlag for udvikling af fremtidens udviklingssystem, hvor evnen til at løse opgaverne og realisere målene bygges ind i udviklingssystemet. I nedenstående figur **Fejl! Bogmærke er ikke defineret.** er vist det samlede forløb ved fornyelse af udviklingsfunktionen.



Den samlede fornyelse af udviklingsfunktionen foregår i fem trin:

1. "Diagnose på udviklingsfunktionen", hvor bl.a. de nuværende opgaver, mål og præstationer kortlægges.
2. "Valg af fremtidige mål og opgaver for udviklingsfunktionen", hvor det fremtidige billede af omgivelserne, de fremtidige mål og de fremtidige opgaver fastlægges.
3. "Fastlæggelse af udviklingssystemet", hvor organisation, medarbejdere, værktøjer o.s.v. til løsning af udviklingsopgaven vælges.
4. "Planlægning af forandringen".
5. "Gennemførelse og måling", hvor forandringsplanen gennemføres og det kontrolleres, om udviklingssystemet bringes "på plads", om de ønskede opgaver løses og om målene realiseres.

Figur 52. UNIC - fornyelsesprocessen [Kirkegård, 79, p. 8]

Udgangspunktet for fornyelsesprocessen er, som nævnt, en diagnose på udviklingsfunktionen, hvor bl.a. de nuværende opgaver, mål og præstationer kortlægges. Næste fase omfatter en fastlæggelse af udviklingsopgaven, der indeholder fremtidige mål og opgaver for udviklingsfunktionen.

Udviklingsopgaven udgør en funktionel beskrivelse af det fremtidige udviklingssystem, og danner grundlag for fastlæggelse af udviklingssystemets elementer; organisation, medarbejdere, værktøjer o.s.v. Fjerde fase i forløbet omfatter en planlægning af forandringen, hvor der med udgangspunkt i det skitserede fremtidige udviklingssystem, og det nuværende udviklingssystem opstilles en handlingsplan for gennemførelse af de nødvendige ændringer. Den sidste fase omfatter implementering af handlingsplanen og løbende opfølgning på om de fastsatte mål realiseres.

Kirkegård argumenterer, som Skinner, at det er af afgørende betydning, at medarbejderne i udviklingsfunktionen, der arbejder med fastlæggelse af udviklingsopgaven, gennemløber en erkendelsesproces, hvor de får indsigt i og forståelse for virksomhedens aktuelle udviklingsopgave: "Udviklingsopgaven bliver kold og kønsløs, og er uden værdi som fremtidsbillede eller som udgangspunkt for det fremtidige udviklingssystem, hvis den formuleres uden vision, uden dyb indsigt i virksomhedens forhold og i det aktuelle produktområdes nutid og fremtid", [Kirkegård, 79, p. 13].

I forbindelse med fastlæggelse af udviklingsopgaven argumenteres for, at kravene (målene) til udviklingssystemet udledes ud fra en sammenhængende strategi for virksomheden. D.v.s., det tilstræbes at salgsstrategi, produktstrategi, og produktionsstrategi er koordinerede. Der listes en række eksempler på koordinerede strategier, eksempelvis en salgsstrategi, der fokuserer på et smalt standard produktprogram, en produktionsstrategi, der fokuserer på produktivitet med lave enhedsomkostninger, og en produktstrategi, der fokuserer på optimale konstruktioner m.h.t. materialer, og lønomkostninger.

For disse strategier kan udviklingsfunktionen karakteriseres ved bl.a. inddragelse af produktionen i produktudviklingsforløbet med henblik på at reducere fremstillingsomkostningerne, stor vægt på omkostningsrevisionsprojekter, fokus på omkostningsstrukturen i produktionen, og stor vægt på standardisering af produkter af hensyn til omkostningsreduktion.

UNIC-projektet anskuer udviklingsopgaven, som bestående af følgende tre elementer eller synsvinkler:

1. Strukturering af udviklingsopgaven, d.v.s. en fastlæggelse af hvilke typer opgaver, der skal løses, samt relationen mellem dem.
2. En kvalitativ fastlæggelse af indhold og mål i den enkelte opgave.
3. En kvantitativ fastlæggelse af ambitionsniveau i mål, samt indhold, omfang og antal af de enkelte opgaver.

Det første punkt med strukturering af udviklingsopgaven tager afsæt i en typificering af opgaverne i udviklingsfunktionen, der inddeles i tre hovedgrupper; beredskabsudvikling, produkttværgående opgaver, og markedsrettede opgaver, den sidste type inddeles yderligere i gennembrudsprojekter, nyudviklingsprojekter, og (evt. kundeinitierede) variantskabelsesprojekter.

Beredskabsudvikling omfatter mere generelle aktiviteter som forskning, ny teknologi, udvikling af nye forskningsområder m.v. Produkttværgående opgaver omfatter systemkonceptudvikling, modularisering, standardisering m.v. De markedsrettede opgaver omfatter konstruktion af produkter opdelt efter graden af nyskabelse i produktet.

For at sikre at man ved fastlæggelse af udviklingsopgaven får taget stilling til og beskrevet de væsentlige forhold for fremtidens udviklingssystem, er der, som hos Skinner, formuleret en række beskrivelsespunkter, der, med udgangspunkt i en strukturering af opgaverne, overordnet er klassificeret i fire hovedgrupper:

1. Hovedmålsætning (forretningsskabelse eller beredskabsopbygning)
2. Nyhedsgrad (gennembrudsprojekter eller variantskabelse)
3. Initiering af opgaven (markedet, en enkelt kunde, eller virksomheden selv)
4. Objektet for opgaven (enkelt produkt, flere produkter, viden eller organisatoriske forhold)

Udover ovenstående synsvinkel er beskrivelseselementerne udledt efter omgivelsernes krav og udviklingsfunktionens indre betingelser, svarende til opdelingen hos Skinner:

1. Virksomhedens omgivelser.
2. Virksomhedens overordnede beslutninger.
3. De andre funktionsområders krav.
4. Udviklingsfunktionens indre forhold.
5. Kundebehov og produkt.

Beskrivelsespunkterne, der i øvrigt er nedbrudt i en række mere detaljerede beskrivelsespunkter, danner baggrund for at formulere de enkelte delopgavers kvalitative indhold og mål, der udarbejdes som en kortfattet verbal beskrivelse.

Den tredje og sidste synsvinkel vedrører kvantificering af udviklingsopgaven, hvor der dels lægges vægt på at fastlægge målbare mål, så der kan foretages en opfølgning på graden af målopfyldelse, og dels en kvantificering af de enkelte delopgavers indhold, og tidsmæssige omfang.

UNIC-projektet adskiller sig fra de førnævnte projekter, ved at anvende opgavebegrebet på et andet område (udvikling af produkter) end det oprindelige fokusområde (produktionen), hvilket er mest tydeligt ved formulering af beskrivelsespunkter, der er relateret til aktiviteterne i udviklingsfunktionen.

Der anvendes en fremgangsmåde, der på mange måder svarer til forløbet hos Skinner, og i UPS- og ViPS-projekterne, hvor systemets opgave formuleres med udgangspunkt i en analyse af kravene til systemet i relation til virksomhedens overordnede strategiske planer. Begrebet diagnose fra ViPS-projektet anvendes som redskab til at opnå indsigt i systemets nuværende virkemåde og de centrale problemstillinger. Udviklingsopgaven danner grundlag for opbygning af den fremtidige udviklingsfunktion, og opstilling af en handlingsplan for gennemførelse af de nødvendige ændringer.

2.4.6 SAMMENFATNING AF OPGAVEBEGREBET

I dette projekt ønskes opgavebegrebet anvendt på udvikling af virksomhedens specifikations-systemer, der i relation til UNIC-projektet kan opfattes som de mere operationelle aktiviteter i virksomhedens udviklingsfunktion med variantskabelse og kundeinitierede opgaver, samt produktionsforberedelse.

Opgavebegrebet er, som nævnt, introduceret af Skinner i slutningen af 1970'erne. Baggrunden var dels de mere turbulente omgivelser, der medførte en hastig forandring af omgivelsernes krav til produktionen, og dels et ønske om at relatere produktionen til virksomhedens samlede strategiske planlægning. Hovedsynsvinklen var i den forbindelse et ønske om at opnå en mere fokuseret produktionsfunktion; en opgave - et system.

Med udgangspunkt i en fastlæggelse af den eller de aktuelle opgave(r) i den givne virksomhed, konstrueres systemet ved at vælge løsningselementer, f.eks. produktionsform (masseproduktion, serieproduktion, eller enkeltstykkeproduktion), eller styringsform (cyklisk planlægning, kanban, projektstyring o.s.v.) ud fra et relativt veldefineret katalog af mulige løsninger.

UPS-projektet bygger i hovedtræk på Skinner's teori, og er iøvrigt det projekt, der har haft størst gennemslagskraft i dansk industri. I UPS-projektet er der lagt vægt på at gøre fremgangsmåden operationel, bl.a. ved at opstille detaljerede beskrivelsespunkter til formulering af produktionsopgaven, samt løsningselementer til anvendelse ved konstruktion af produktions-systemet (idealfabrikken).

ViPS-projektet fokuserer på produktionsstyringen, og bygger videre på Skinner's teori. ViPS-projektet tager i udgangspunktet mere hensyn til systemets nuværende virkemåde og interne betingelser end Skinner og UPS-projektet. Synsvinklen i ViPS-projektet er mindre skarp end hos Skinner; opbygning af virksomhedstilpassede produktionsstyringssystemer, hvor der gennemføres en parallel og koordineret udvikling af produktionsstyringssystemet og produktionen.

UNIC-projektet anvender opgavebegrebet på et andet domæne end Skinner, men benytter iøvrigt en række elementer fra Skinner, samt elementer fra UPS- og ViPS-projekterne. Projektet omfatter således en fremgangsmåde, der tager udgangspunkt i virksomhedens overordnede strategiske planlægning og fastlægger omgivelsernes krav til systemet, et diagnoseværktøj, der afdækker systemets nuværende virkemåde, og endelig et opgavebegreb, der indeholder en række beskrivelsespunkter og strukturerer systemet efter de delopgaver, der identificeres.

Sigtet med UNIC-projektet er et ønske om at skabe overblik over delopgaverne i udviklingsfunktionen, for derved at kunne foretage en mere bevidst styring af ressourceforbruget til udvikling i overensstemmelse med virksomhedens overordnede strategiske planlægning. Domænet - systemer for udvikling af produkter - er ikke så veldefineret som produktions-systemet, d.v.s. at såvel beskrivelsespunkter som løsningsrum er mindre skarpt formuleret end ved Skinner's produktionsopgave.

Skinner og de nævnte projekter lægger alle vægt på, at analyse af opgaven er en erkendelsesproces, hvor det er afgørende, at der opnås indsigt i og forståelse af de krav omgivelserne stiller til et givet system. Den opnåede erkendelse kan derefter danne grundlag for at konstruere et system (udvælge en løsning), der er i overensstemmelse med de krav, omgivelserne stiller til systemet.

Fremgangsmåden ved anvendelse af opgavebegrebet minder på mange måder om den rationelle beslutningsproces; kravene til løsningen formuleres så de dækker de relevante synsvinkler på domænet, løsningsrummet formuleres explicit, og der foretages, ved at sammenholde krav og løsningsmuligheder, et valg af den optimale løsning. Anvendelse af opgavebegrebet ved udvikling af virksomhedens produktion eller dele af den tekniske styring kan karakteriseres ved:

- 1 Opgaven formuleres, med udgangspunkt i virksomhedens strategiske planlægning, omgivelsernes krav til et givet delsystem i virksomheden.

- 2 Opgaven er relateret til et givet løsningsrum, d.v.s. der for en given opgave findes veldefinerede løsningsselementer, som f.eks. layouttype, styringsprincip m.v.
- 3 Opgaven er relateret til en eller flere synsvinkler, der angiver kriteriet for valg af løsning. F.eks. opnåelse af en fokuseret produktionsfunktion eller styring af udviklingsfunktionens ressourcer.

Anvendelse af opgavebegrebet til udvikling af et givet system er således betinget af, at det er muligt, på en entydig og operationel måde, at fastlægge omgivelsernes krav til systemet, samt at løsningsrummet er veldefineret, således at der, med udgangspunkt i den fastlagte opgave, kan vælges en optimal løsning for opbygning af systemets fremtidige struktur.

I dette projekt er løsningsrummet imidlertid mindre veldefineret, hvilket gør det nødvendigt at anvende f.eks. prototyping i forbindelse med analyse af opgaven, hvor det i forbindelse med formulering af løsningsselementer kan være hensigtsmæssigt at detailbeskrive og evt. programmere kritiske elementer i den samlede løsning, både for at evaluere om den ønskede funktion kan realiseres og for at undersøge mulighederne ved produktmodellering. Der kan derved blive tale om et større antal iterationer mellem analyse af krav til systemet og formulering af løsningsselementer.

Desuden vil det være nødvendigt, ved anvendelse af opgavebegrebet til udvikling af virksomhedens specifikationssystemer, at formulere andre beskrivelsesdimensioner, der passer til dette specifikke område, og i relation til projektets overordnede arbejdsforberedelsessynsvinkel.

2.5 PROBLEMFORMULERING

I dette afsnit er der foretaget en præcisering af den problemstilling, der ligger til grund for dette projekt, samt en afgrænsning af emnet og formulering af de antagelser, projektet bygger på. Projektets udgangspunkt er et ønske om at fastlægge den optimale grad af IT-understøtning (eller graden af arbejdsforberedelse) ved udvikling af systemer i virksomhedens tekniske styring. I tilknytning hertil ønskes opstillet en fremgangsmåde for opbygning af IT-systemer til understøtning af aktiviteterne i virksomhedens tekniske styring.

Projektet er af tidsmæssige årsager afgrænset til at omfatte aktiviteterne i konstruktion og produktionsforberedelse med specifikation af produktet og dets fremstillingsforløb. For at understøtte det egentlige ingeniørarbejde i disse funktioner, anvendes produkt- og produktrelaterede modeller beskrevet i afsnit 2.3.

Som vist i figur 1, kan de samlede aktiviteter i virksomhedens tekniske styring opdeles i dels et logistikflow med funktionerne ordremodtagelse, planlægning og indkøb og dels et specifikationsflow, hvor produktet og dets fremstillingsforløb specificeres. Aktiviteterne i specifikationsflowet (konstruktion og produktionsforberedelse) adskiller sig fra aktiviteterne i logistikflowet ved at være relateret til den enkelte virksomheds specifikke produkter og produktionssystem.

Som tidligere nævnt kan aktiviteterne i specifikationsflowet dermed ikke, i samme grad som i logistikflowet, understøttes med generiske applikationer. Aktiviteterne i specifikationsflowet, der kan opfattes som viden og informationsarbejde, må således analyseres og understøttes af applikationer baseret på modellering af viden og informationer knyttet til den enkelte virksomheds specifikke produkter og produktionssystem.

Modellering af viden og information i konstruktion og produktionsforberedelse er, som nævnt, knyttet til produktmodellering beskrevet i afsnit 2.3. Produkt- og produktrelaterede modeller betegner en videnbase, der indeholder den samlede viden og information, der knytter sig til produktet i forskellige faser i dets livscyklus. Teknikker for modellering af viden og information er beskrevet i afsnit 2.2. Det er valgt primært at anvende objektorienteret modellering, da denne modelleringsteknik dels er velegnet til modellering af viden og information, og dels danner et grundlag, der direkte kan anvendes som dokumentation ved programmering af en applikation.

For at fastlægge hvilke aktiviteter i konstruktion og produktionsforberedelse, der skal understøttes - og dermed hvilken viden og information, der skal modelleres - er anvendt samme synsvinkel som ved fastlæggelse af forberedelsesgraden i det direkte arbejde i produktionen. D.v.s. en undersøgelse af omfanget af enslydende arbejdsrutiner, der udføres med stor hyppighed, og hvor arbejdet kan analyseres og beskrives entydigt.

I forbindelse med analyse af hvilke aktiviteter, der skal understøttes og dermed fastlæggelse af indhold og struktur af produkt- og produktrelaterede modeller i den enkelte virksomhed, er desuden anvendt opgavebegrebet beskrevet i afsnit 2.4. Formulering af systemets opgave ses som et middel til at opnå indsigt i de krav, der stilles til en eller flere funktioner i virksomheden

(her konstruktion og produktionsforberedelse) fra virksomhedens omgivelser og øvrige funktioner. Fastlæggelse af opgaven er således et middel til at relatere udvikling af systemer i konstruktion og produktionsforberedelse til virksomhedens samlede strategiske planlægning.

Endvidere bidrager en formulering af produkt- og metodespecifikationsopgaven til at fokusere arbejdet med at udvikle systemer til at understøtte specifikationsarbejdet, samtidig med at en forståelse af systemets opgave bidrager til at kunne vælge den rette løsning (i dette tilfælde indhold og struktur i produkt- og produktrelaterede modeller).

2.5.1 ANTAGELSER

Projektet bygger på den antagelse, at produktmodellering er en hensigtsmæssig måde til at understøtte en del af aktiviteterne i virksomhedens specifikationsflow, set ud fra en arbejdsforberedelsessynsvinkel. Desuden antages det, at en analyse af systemets opgave er hensigtsmæssig for at relatere udviklingen af systemer til virksomhedens overordnede målsætning og strategiske planer, samt at objektorienteret modellering er velegnet ved opbygning af produkt- og produktrelaterede modeller. Nedenstående er sammenfattet de antagelser, der ligger til grund for projektet:

- Modellering af viden og information i virksomhedens specifikationsflow er knyttet til anvendelse af produkt- og produktrelaterede modeller.
- Objektorienteret modellering, og den tilhørende fremgangsmåde, er den mest hensigtsmæssige modelleringsteknik, og den objektorienterede projektlivscyklus kan danne grundlag for fastlæggelse af fremgangsmåden ved opbygning af produkt- og produktrelaterede modeller.
- Begreber og metoder fra traditionel arbejdsanalyse af det direkte arbejde i produktionen kan anvendes ved analyse af arbejdet i virksomhedens specifikationsflow.
- Opgavebegrebet bør anvendes som et middel til at opnå indsigt i de krav, der stilles til funktionerne i virksomhedens specifikationsflow.

Antagelserne, der ligger til grund for formulering af projektets hypotese, er baseret på den teori, der er gennemgået i afsnit 2.1 til afsnit 2.4.

2.5.2 AFGRÆNSNING

Projektets hovedsynsvinkel er at fastlægge den optimale grad af IT-understøtning af aktiviteterne i konstruktion og produktionsforberedelse, set ud fra en arbejdsforberedelsessynsvinkel og set i relation til virksomhedens samlede strategiske planlægning. Af væsentlige synsvinkler, der kun i mindre grad er medtaget i projektet, skal her nævnes integrationssynsvinklen, der vedrører effekten af at integrere aktiviteterne i konstruktion og produktionsforberedelse ved hjælp af en sammenhængende model, den organisatoriske synsvinkel, samt kvalitetssynsvinklen.

I relation til produktlivscyklen er projektet afgrænset til at omfatte faserne relateret til produktet og dets fremstilling og således ikke de senere faser med f.eks. brug og bortskaffelse.

Projektet er desuden afgrænset i relation til virksomhedstyper, idet anvendelse af produktmodellering ifølge [Dataforeningen i Sverige, 34] er betinget af, at virksomheden har et vel-defineret produktkoncept, hvorfra der specificeres varianter. Produktmodellering er således i udgangspunktet særligt velegnet for virksomheder, der kan karakteriseres ved variantproduktion. Nedenstående er sammenfattet projektets afgrænsning:

- Fokuserer på virksomhedens specifikationsflow (i dette projekt kun konstruktion og produktionsforberedelse), d.v.s. de tidlige faser i produktets livscyklus med specifikation af produktet og dets fremstillingsforløb.
- Analyserer aktiviteter i virksomhedens specifikationsflow primært ud fra en arbejdsforberedelsessynsvinkel.
- Fokuserer på virksomheder med variantproduktion.

2.5.3 SAMMENFATNING

Med udgangspunkt i ovenstående diskussion kan projektets problemformulering sammenfattes ved:

- Hvorledes fastlægges, set ud fra en arbejdsforberedelsessynsvinkel og for en given virksomhed, hvilke aktiviteter i virksomhedens specifikationsflow, det vil være hensigtsmæssigt at understøtte med IT ved opbygning af produkt- og produktrelaterede modeller.
- Hvorledes fastlægges, i relation til ovenstående, indhold og struktur af produkt- og produktrelaterede modeller for en given virksomhed.
- Hvilken fremgangsmåde skal anvendes ved opbygning af produkt- og produktrelaterede modeller - fra analyse af aktiviteter til programmering og implementering af IT-systemer.

3 HYPOTESE

3.1 INDLEDNING

I dette kapitel vil jeg præsentere en hypotese for udvikling af IT-systemer, der kan understøtte aktiviteterne i konstruktion og produktionsforberedelse med specifikation af produktet og dets fremstillingsforløb. Hypotesen omfatter en samlet *fremgangsmåde* for fastlæggelse af hvilke aktiviteter, der skal understøttes med IT, og den efterfølgende opbygning af sådanne systemer.

3.2 FREMGANGSMÅDEN

Den samlede hypotese er baseret på anvendelse af det teorigrundlag, der er gennemgået i kapitel 2. Fremgangsmåden er formuleret med udgangspunkt i dels den objektorienterede projektlivscyklus for opbygning af IT-systemer, og dels i en anvendelse af opgavebegrebet, hvor der bl.a. foretages en analyse af aktiviteterne i virksomhedens specifikationssystem for at fastlægge den optimale grad af arbejdsforberedelse, idet der tages udgangspunkt i de eksisterende teknikker og metoder for analyse af arbejdsforberedelse i produktionen (se afsnit 2.1).

Første fase i fremgangsmåden omfatter således en fastlæggelse af systemets opgave, her kaldet *produkt- og metodespecifikationsopgaven*, der ses som et middel til at fastlægge den optimale grad af IT-understøtning af virksomhedens specifikationsaktiviteter (i konstruktion og produktionsforberedelse) og i forlængelse heraf indhold og struktur i de IT-systemer, der skal understøtte aktiviteterne.

Viden- og informationsindholdet i de aktiviteter, der skal understøttes, leder således frem til indhold og struktur af de IT-systemer, der skal opbygges. Det generelle teoretiske grundlag for fastlæggelse af indhold og struktur er de eksisterende modeller for indhold og struktur af produkt- og produktrelaterede modeller gennemgået i afsnit 2.3.3. Desuden anvendes som grundlag for det videre modelleringsarbejde en fastlæggelse af modellens formål, synsvinkel og kontekst baseret på ICAM's definition af begreberne.

I forbindelse med den detaljerede modellering af IT-systemer anvendes objektorienteret modellering, og herunder kan featurebegrebet anvendes som grundlag for identificering af objekter og objekthierarkier. I afsnit 4.4.2 er vist hvorledes der i projektets empiriske arbejde er foretaget en identifikation af features som grundlag for identifikation og karakterisering af objekter i OOA-modellen.

Som grundlag for opbygning af OOA-modellen kan der desuden, for at få indblik i systemets funktionelle opbygning, i forbindelse med analyse af produkt- og metodespecifikationsopgaven, udarbejdes en IDEF0 model, der beskriver systemets virkemåde (AS IS).

Fase	Aktivitet	Resultat	Teorigrundlag	Udvidelse/ modifikation af teorigrundlag
1	Fastlægge produkt- og metode- specifikationsopgaven.	Produkt- og metode- specifikationsopgaven.	Arbejdsforberedelse, Skinner's produktionsopgave (UPS, VIPS, UNIC), samt ICAM's IDEFO.	Opgavebegrebet anvendes på viden og informationsarbejde, derfor nye beskrivelsesdimensioner. Opgaven er primært en funktionel beskrivelse.
2	Fastlægge produkt- og produktrelaterede modellens indhold og struktur. Fastlægge formål, synsvinkel og kontekst for fase 3.	Produkt- og produkt- relaterede modellens overordnede indhold og struktur. Formål, synsvinkel og kontekst	Referencemodeller for produktmodellering, featurebegrebet, ICAM's formål, synsvinkel og kontekst.	ICAM's definition af formål, synsvinkel, og kontekst korrigeres mod anvendelse af produktmodellering.
3	Udarbejde OOA-model (objektorienteret analyse).	OOA-model.	Coad og Yourdon's metode suppleret med Beck og Cunningham's notation, featurebegrebet, CIM/GEMS-projektets teori for organisering af IT-systemudvikl.	Featurebegrebet anvendes til identificering og karakterisering af objekter. Anvender tilpassede CRC-kort til beskrivelse af objekter.
4	Udarbejde OOD-model (objektorienteret design).	OOD-model.	Coad og Yourdon's metode for objektorienteret design, OOD-model anvendes som grundlag for programmering.	OOD-model udarbejdes i et samarbejde mellem OOA-modelbygger og EDB-systemudvikler.
5	Programmering.	Programkode.	Anvendelse af objektorienteret programmering (Booch, Graham).	Adskillelse mellem OOA-modelbygger (domæneeksperter) og EDB-systemudvikler
6	Implementering og uddannelse af brugere (indkøring af system).	Hardwareplatform og uddannelsesplan.	Teori for implementering af EDBsystemer (ikke refereret i denne afhandling).	
7	Vedligeholdelse af system.	Opdateret OOA-model, OOD-model, og programkode.	Teori for vedligeholdelse af EDB-systemer i relation til OO-projektlivscyklen (ikke refereret i denne afhandling).	Indskærpelse af krav om samtidig opdatering af OOD-model og programkode.

Figur 53. Fremgangsmåden.

I ovenstående figur **Fejl! Bogmærke er ikke defineret.** er vist den samlede *fremgangsmåde*, med de teorielementer, der ligger til grund for de enkelte faser, samt de modifikationer eller udvidelser, der er foretaget på den anvendte teori.

I dette projekt er der særligt fokuseret på udvikling af metoder til at understøtte analyseforløbet, d.v.s. de første tre faser i fremgangsmåden frem til og med opbygning af OOA-model. De senere faser i fremgangsmåden følger i hovedtræk forløbet i den objektorienterede projektlivscyklus beskrevet i afsnit 2.2.2.3 og afsnit 2.2.4.

Ved opbygning af produkt- og produktrelaterede modeller (her benævnt OOA-model) bidrager den objektorienterede analyseteknik til, at der, som nævnt i afsnit 2.2.2.3, anvendes samme notation og samme opdeling gennem de senere faser i fremgangsmåden (projektlivscyklen), idet de objekter, der identificeres ved opbygning af OOA-modellen anvendes ved både design og programmering. Denne egenskab ved objektorienteret modellering letter det samlede forløb med udvikling af systemer og gør det muligt hurtigt at gennemføre et forløb fra analyse til programmering og eventuelt springe mellem de enkelte faser.

I forbindelse med den samlede fremgangsmåde, vist i figur **Fejl! Bogmærke er ikke defineret.**, er der lagt vægt på, at der er tale om et iterativt forløb, hvor det er muligt at springe mellem de enkelte faser i forløbet, d.v.s. en vekselvirkning mellem formulering af krav og ønsker til systemet og fastlæggelse af løs-ningselementer.

De organisatoriske aspekter er, som nævnt i afsnit 2.5.2, ikke behandlet i dette projekt, dog er der i forbindelse med *fremgangsmåden* argumenteret for en arbejdsdeling mellem modelbygger (der som hovedregel bør være domæneekspert) og EDB-systemudvikler. Et af argumenterne for at vælge objektorienteret modellering er, at denne modelleringsteknik netop muliggør en sådan arbejdsdeling.

Udover domæneekspert og EDB-systemudvikler skal der også i denne sammenhæng peges på en konsulentrolle, d.v.s. en person, der behersker de teknikker der anvendes i projektets fremgangsmåde (analyse af produkt- og metodespecifikationsopgaven, produktmodellering og objektorienteret modellering). Hovedopgaven for en konsulent vil i denne sammenhæng være at indlære domæneeksperter m.v. de nødvendige teknikker for at gennemføre aktiviteterne i projektets fremgangsmåde og lede projektets forløb.

Løvrigt henvises til [Arngrimsson, 12], der uddybende behandler de forskellige aktørers rolle ved objektorienteret modellering (leder, domæneekspert, bruger, systemudvikler, konsulent o.s.v.).

3.2.1 A/S REOLER - ET EKSEMPEL

For at illustrere indholdet af fremgangsmåden og produkt- og metodespecifikationsopgaven, vil jeg introducere et simpelt eksempel med fremstilling af reoler. Virksomheden A/S Reoler fremstiller reoler og har cirka 180 ansatte, heraf 60 funktionærer.

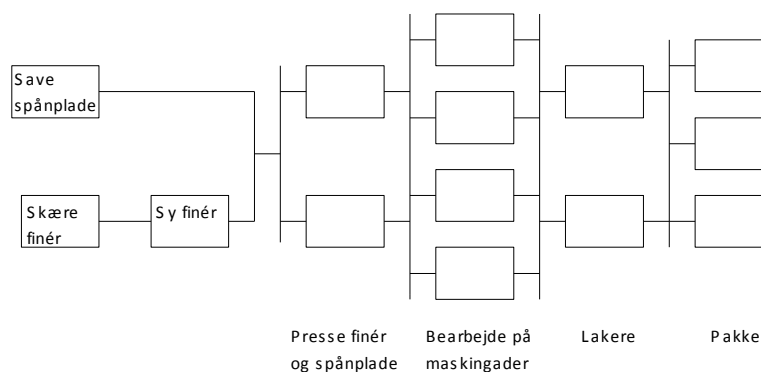
Virksomheden har gennem de seneste år oplevet en forskydning mod stadig mindre ordrestørrelser og et stigende omfang af kundespecifikke ordrer, hvilket har medført at mængden af

styklisten og routings er vokset eksplosivt til mere end 25000 forskellige specifikationer. Virksomheden modtager 10 til 15 ordrer pr dag, hovedparten resulterer i nye produktvarianter.

Det stigende omfang af mindre kundespecifikke ordrer medfører et stærkt pres på aktiviteterne med at specificere produktet og dets fremstillingsforløb (tegninger, styklistes og routings). Den samlede gennemløbstid er ca. fem uger - to uger i produktionen og tre uger i de tekniske administrative funktioner. Presset medfører desuden, at et stigende antal ordrer sættes i produktion uden at være færdig specificeret, for at man kan overholde leveringstiden. En følge heraf er, at en del ordrer "kører uden om systemet", hvilket bl.a. medfører at materiale- og kapacitetsplaner i virksomhedens MRP-system bliver upålidelige.

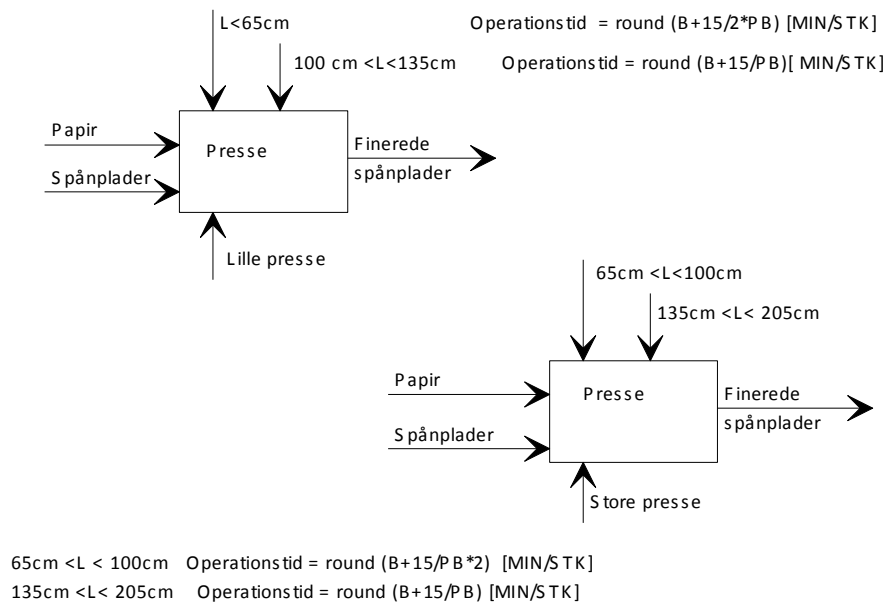
Hovedparten af de ressourcer, der anvendes til at specificere produktet og dets fremstillingsforløb, anvendes til at specificere styklistes og routings for reoler. Virksomheden modtager, som nævnt, 10 til 15 ordrer pr dag, og der anvendes typisk 2 til 4 timer til opbygning af stykliste og routing pr ordre. Desuden afgives et stort antal tilbud, ofte på et spinkelt grundlag.

Produktet (reoler) kan beskrives parametrisk som en kombination af dimensioner, finermateriale, farve og overfladefinish. Styklistestrukturen er ensartet, da reolerne består af finerede spånplader, defineret ved tilsvarende parametre som reolen. Det overordnede routingkompleks er det samme for alle de finerede spånplader, og den specifikke routing fremkommer ved at vælge et operationssted fra gruppen af mulige operationssteder og beregne det tilhørende tidsforbrug.



Figur 54. Reolen og dens fremstillingsforløb.

I ovenstående figur 54 er vist reoler og deres fremstillingsforløb. Reolerne består af finerede spånplader i varierende mål, mens fremstillingsforløbet omfatter operationerne udskære spånplader, udskære og sy finer, sammenføje spånplade og finer, bearbejde på maskingader (kantskære, bore og fræse), samt lakere og pakke de finerede spånplader. De finerede spånplader følger, som nævnt, alle samme operationsforløb, og der findes veldefinerede regler for valg af maskine til den enkelte operation og formler for beregning af operationens tidsforbrug.



Figur 55. Regel for valg af maskine og beregning af tidsforbrug.

I ovenstående figur 55 er, i IDEF0 notation, vist et eksempel på regler for valg af maskine og beregning af tidsforbrug ved operationen sammenføje spånplade og finer. Valg af maskine og beregning af tidsforbrug foretages ud fra pladernes længde og bredde, idet L betegner pladernes længde, B betegner pladernes bredde, mens PB betegner pressens bredde. Ved de øvrige grupper af operationssteder foretages valg af maskine, og beregning af tidsforbrug, på tilsvarende måde.

I det følgende vil jeg anvende eksemplet med reolproduktion til at illustrere, hvorledes man, ved at fastlægge produkt- og metodespecifikationsopgaven, kan identificere, hvilke arbejdsfunktioner i konstruktion og produktionsforberedelse det vil være hensigtsmæssigt at understøtte med IT, primært set ud fra en arbejdsforberedelsessynsvinkel. Desuden vil jeg anvende eksemplet til at illustrere modellering af IT-systemer, der understøtter viden- og informationsarbejdet (herunder det egentlige ingeniørarbejde) i konstruktion og produktionsforberedelse ved anvendelse af principperne i produktmodellering og objektorienteret modellering.

3.3 PRODUKT- OG METODESPECIFIKATIONSOPGAVEN

De to første faser i fremgangsmåden omfatter, som nævnt, en analyse af produkt- og metodespecifikationsopgaven og en fastlæggelse af indhold og struktur i produkt- og produktrelaterede modeller i relation til den fastlagte arbejdsforberedelsesgrad. Produkt- og metodespecifikationsopgaven er i denne sammenhæng opfattet som en funktionel beskrivelse af systemet (omgivelsernes krav), mens systemets strukturelle opbygning er knyttet til den efterfølgende fase 2. Som nævnt, fastlægges systemets endelige indhold og struktur igennem et antal iterationer mellem analyse af opgaven og fastlæggelse systemets struktur, svarende til forløbet ved analyse af produktionsopgaven og fastlæggelse af produktionssystemet hos Skinner.

Produkt- og metodespecifikationsopgaven indeholder, som de øvrige opgavebegreber diskuteret i afsnit 2.4, en række beskrivelsesdimensioner, der beskriver de grundlæggende forhold i systemet, og danner grundlag for opbygning af koncept for den fremtidige struktur i systemet. Systemet omfatter, ved produkt- og metodespecifikationsopgaven, aktiviteterne i konstruktion og produktionsforberedelse med udarbejdelse af produkt- og metodespecifikationer.

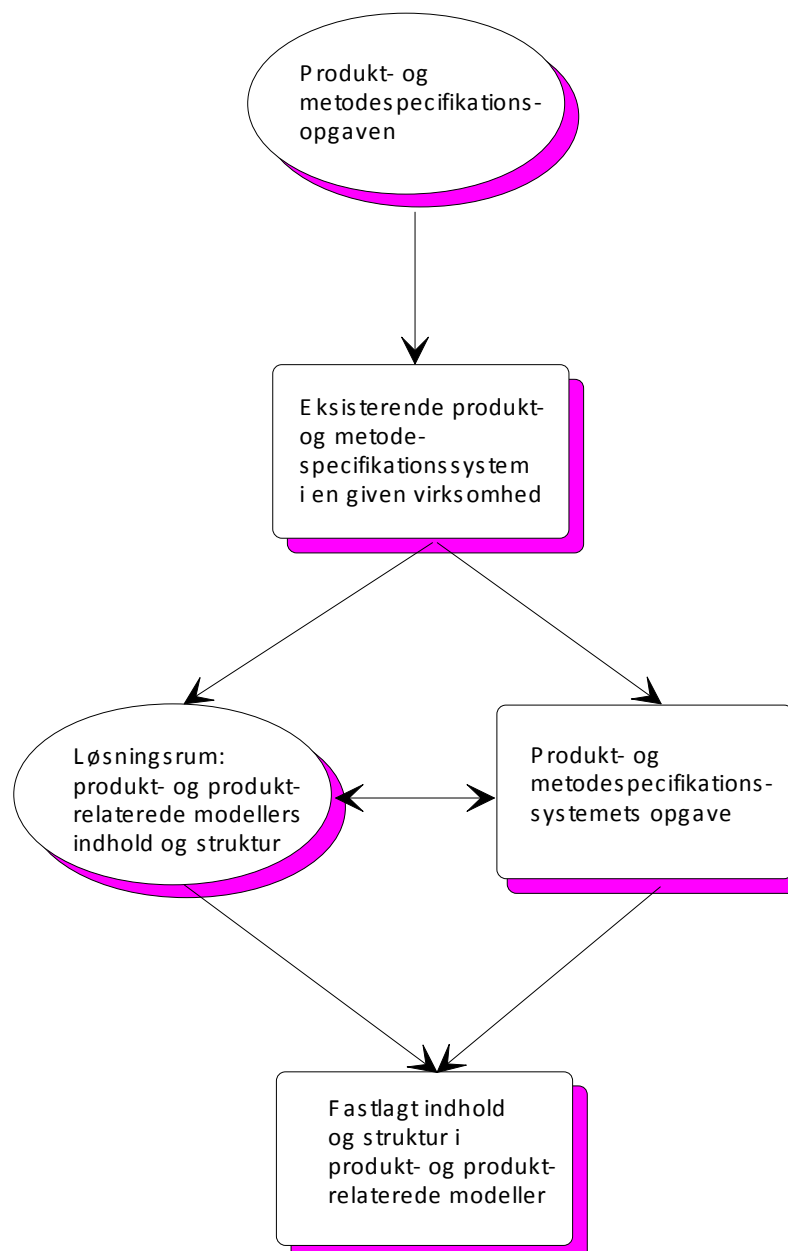
Der tages udgangspunkt i en anvendelse af opgavebegrebet som det er defineret hos Skinner (se afsnit 2.4). Opgavebegrebet tilpasses det foreliggende domæne (specifikationsarbejdet i konstruktion og produktionsforberedelse), ved at der foretages en formulering af beskrivelsesdimensioner (se afsnit 3.3.2) i relation til den overordnede synsvinkel for anvendelse af opgavebegrebet - fastlæggelse af den optimale grad af IT-understøtning set ud fra en arbejdsforberedelsessynsvinkel.

3.3.1 OPGAVEBEGREBETS ANVENDELSE

Som nævnt, lægges der i dette projekt vægt på at formulere krav til de systemer, der skal understøtte specifikationsarbejdet i den enkelte virksomhed og, i forlængelse heraf, indhold og struktur af systemer for understøtning af specifikationsarbejdet i den specifikke virksomhed, baseret på anvendelse af produkt- og produktrelaterede modeller.

I nedenstående figur 56 er vist hvorledes de generelle beskrivelsesdimensioner i produkt- og metodespecifikationsopgaven (vist i den øverste cirkel), anvendt på et produkt- og metodespecifikationssystem i en given virksomhed, resulterer i formuleringen af det konkrete produkt- og metodespecifikationssystems opgave.

Den specifikke opgave giver, sammenholdt med de generelle teorier og metoder (vist i den venstre cirkel) for opbygning af produkt- og produktrelaterede modeller, dernæst det overordnede indhold og struktur for produkt- og produktrelaterede modeller i den konkrete virksomhed. De rektangulære kasser markerer således beskrivelser for den specifikke virksomhed, mens de to cirkler viser henholdsvis den generelle opgavebeskrivelse og generelle løsnings-elementer.



Figur 56. Opgaven fastlægger indhold og struktur af produkt- og produktrelaterede modeller i en given virksomhed.

Fremgangsmåden ved fastlæggelse af produkt- og metodespecifikationsopgaven er i øvrigt den samme som beskrevet i afsnit 2.4, d.v.s. et forløb hvor der tages udgangspunkt i en fastlæggelse af målsætningen for produkt- og metodespecifikationssystemet, og derefter gennem en række trin iterativt foretages en gradvis konkretisering af virksomhedens produkt- og metodespecifikationsopgave.

I dette projekt er løsningsrummet for opbygning af systemer til understøtning af specifikationsarbejdet, som nævnt, knyttet til anvendelse af produkt- og produktrelaterede modeller, samt modellering ved anvendelse af objektorienteret analyse, hvor produkt- og metodespecifikationsopgaven er et redskab til at fastlægge systemets overordnede indhold og struktur og

dermed formål, synsvinkel og kontekst for det videre modelleringsarbejde i den pågældende virksomhed.

Som nævnt i afsnit 2.4.6 er anvendelse af opgavebegrebet betinget af, at der findes et veldefineret løsningsrum, hvorfra der, med udgangspunkt i den formulerede opgave, kan vælges løsninger, der passer til den givne opgave. I forbindelse med af konstruktion af IT-systemer ved anvendelse af produktmodellering er løsningsrummet mindre skarpt defineret end ved f.eks. opbygning af produktionssystemer.

Det vil derfor være nødvendigt at foretage et antal iterationer mellem formulering af opgaven og fastlæggelse af løsningsselementer, hvilket i dette projekt, med udvikling af systemer for understøtning af specifikationsarbejdet, vil sige, at der skal gennemføres et antal modelleringer og evt. testprogrammering af systemet eller dele af systemet, svarende til de senere trin i fremgangsmåden.

Iterationer mellem krav til systemet og de valgte løsningsselementer er iøvrigt ved opbygning af IT-systemer synonymt med anvendelse af prototyping, hvor der findes teori for anvendelse af prototyper - eksempelvis eksplorativ prototyping, hvor hensigten med at opbygge en prototype er at undersøge og evaluere mulighederne ved opbygning af et IT-system, eller eksperimentel prototyping, hvor hovedsigten er at afprøve, om det er muligt at realisere et system (eller kritiske delløsninger i et system) svarende til den formulerede systembeskrivelse.

Iterationer eller prototyping i forbindelse med analyse af produkt- og metodespecifikationsopgaven er således hensigtsmæssigt dels for, som nævnt, at afprøve om de fundne løsninger er realisable, og dels for at få indblik i de muligheder der ligger i anvendelse af produktmodellering.

3.3.2 OPGAEBEGREBETS INDHOLD

Ved at bygge videre på de eksisterende opgavebegreber præsenteret i afsnit 2.4, vil jeg i det følgende formulere beskrivelsesdimensioner i produkt- og metodespecifikationsopgaven, der udstikker rammerne for udvikling af strukturen for det operationelle niveau i virksomhedens specifikationsflow (produkt- og metodespecifikationssystemet), med specifikation af produkter og deres fremstillingsforløb.

Den primære synsvinkel bag produkt- og metodespecifikationsopgaven er at fastlægge, hvilke arbejdsselementer, der skal understøttes (forberedes) gennem opbygning af produkt- og produktrelaterede modeller. Som udgangspunkt for opstilling af beskrivelsesdimensioner har jeg formuleret en række spørgsmål, der søges afklaret gennem fastlæggelse af opgaven:

- Hvad er målet ?
- Hvor ligger potentialet ?
- Hvad er karakteren af specifikationsarbejdet ?
- Er metoder for specificering stabile over tid ?

- Hvilke frihedsgrader skal et specifikationsystem indeholde ?

I det følgende er listet beskrivelsesdimensioner i produkt- og metodespecifikationsopgaven ud fra en strategisk, økonomisk og teknisk synsvinkel. Den strategiske synsvinkel søger at fastlægge det (de) kritiske mål for produkt- og metodespecifikationsystemet, f.eks. krav til systemets effektivitet og reaktionsevne. Desuden afdækkes planer for det fremtidige produktprogram og produktionssystem, for dermed at fastlægge stabiliteten af det område, der skal understøttes, samt kravene til fleksibilitet (frihedsgrader) i de produkt- og produktrelaterede modeller.

Den økonomiske synsvinkel beskriver det økonomiske potentiale i at anvende produkt- og produktrelaterede modeller ved at fastlægge mulige besparelser (rationaliseringer) i specifikationsarbejdet. Herved udpeges de aktiviteter i specifikationsystemet, der, ud fra en driftsøkonomisk synsvinkel, skal understøttes ved anvendelse af produkt- og produktrelaterede modeller.

Den tekniske synsvinkel beskriver analyserbarheden af de opgaver, der skal understøttes, ved at afdække karakteren af den viden og de informationer, der anvendes til specifikation af produkt og produktionsmetode. Dette gøres ved at analysere strukturel og funktionel produktbeskrivelse, produktionsmetodebeskrivelser, samt deres indbyrdes relation (mapning).

De beskrivelsesdimensioner, der er fundet indtil nu, kan opdeles i følgende hovedgrupper:

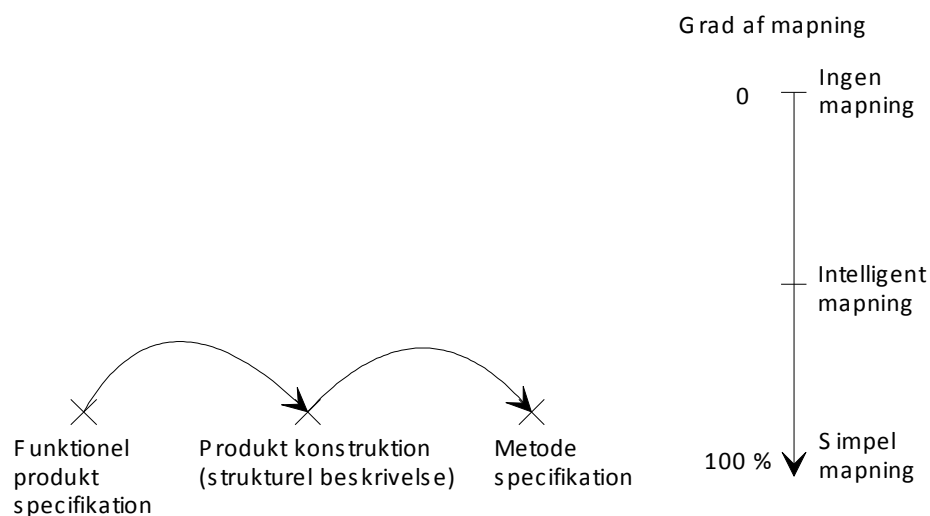
- Kritiske mål for produkt- og metodestyringen.
- Analyserbarhed (kompleksitet) af produkt- og metodespecifikationer.
- Mapning mellem funktionel og strukturel produktbeskrivelse og videre til produktionsmetodebeskrivelse.
- Ressourceforbrug ved og hyppighed af enslydende specifikationsopgaver.
- Gennemløbstid ved udarbejdelse af produkt- og metodespecifikationer.
- Stabilitet af det eksisterende produkt- og produktionskoncept.
- Frihedsgrader med hensyn til produktvariationer og ændringer i produktionsmetoder, der skal kunne håndteres indenfor de produkt- og produktrelaterede modeller.

De *kritiske mål* for produkt- og metodespecifikationsystemet udledes af virksomhedens overordnede målsætning og strategi. Eksempler på kritiske mål er; gennemløbstid (f.eks. for udarbejdelse af tilbud eller specifikation af ordrer), omkostninger (ressourcer anvendt til hvert tilbud/ordre), kvalitet (f.eks. antal fejl pr 1000 specifikationer), kalkulationsnøjagtighed, og detaljeringsgrad af specifikationer ved beordring i produktionen.

Som nævnt i afsnit 2.1.2 er et væsentligt element ved fastlæggelse af graden af arbejdsforberedelse, om den pågældende operation kan analyseres og beskrives entydigt. Ved *analyserbarhed* menes således om det er muligt at analysere og entydigt beskrive det arbejde, der udføres ved specifikation af produkter og deres fremstillingsforløb.

Analyserbarhed er bl.a. beskrevet ved kompleksiteten i produktets opbygning (antal komponenter, dybde i varenetværk, antal parametre til specifikation af de enkelte komponenter o.s.v.) og, hvad angår analyserbarhed af aktiviteterne i produktionsforberedelsen, ved kompleksiteten af f.eks. det samlede routingkompleks i relation til en familie af komponenter, eller kompleksitet og variation af procesbeskrivelser ved en given proces på en given familie af komponenter.

Analyserbarhed er desuden relateret til fastlæggelse af, hvorvidt der skal bygges en generisk model, der indeholder regler for generering af nye instanser, eller modellen blot skal indeholde en samling af tidligere specificerede instanser og metoder for genfinding af disse (se afsnit 2.3.4). Et eksempel er ved opbygningen af routings, hvor det ved fastlæggelse af analyserbarhed bestemmes, om det er muligt at formulere generelle regler for opbygning af routings for grupper af komponenter.



Figur 57. Mapning mellem funktional produktspecifikation, strukturel produktspecifikation og metodespecifikation.

Mapning betegner relationen mellem forskellige afbildninger af produktet. Med afbildning menes her en repræsentation af produktet eller dets relation til et givet system, f.eks. produktionen. Afbildninger kan f.eks. være tegning, stykliste, operationsvejledning, cnc-kode, routing, o.s.v. Med mapning menes således om det er muligt at mappe (afbinde) direkte fra en afbildning af produktet til en anden.

I figur 57 er vist tre hovedgrupper af afbildninger, hvor mapning her betegner relationen mellem funktional produktbeskrivelse, strukturel produktbeskrivelse, og metodebeskrivelsen (f.eks. routings). Eksempelvis er der, i det viste case med reelproduktion, en enkel og analyserbar mapning mellem den strukturelle produktbeskrivelse (tegning + stykliste) og metodebeskrivelsen (routings). Som følge heraf vil det være muligt at opbygge en applikation, der indeholder regler for generering af routings med udgangspunkt i produktets specifikationer.

I andre tilfælde, hvor mapningen ikke er analyserbar eller er mere kompleks, vil det være nødvendigt fortsat at lagre de tidligere specificerede routings evt. med kommentarer. Tilsvarende overvejelser gælder ved mapning mellem funktionelle og strukturelle produktspecifi-

kationer (af relevans ved f.eks. opbygning af en produktkonfigurator, der tager udgangspunkt i kundens behov).

I reoleksemplet er løsningsrummet for strukturel produktbeskrivelse samt for metodebeskrivelse veldefineret, hvilket er udtrykt under *analyserbarhed*. Produktionsmetode kan udledes direkte af den strukturelle produktbeskrivelse ved hjælp af enkle regler, d.v.s. der er en simpel mapning. I andre tilfælde kan løsningsrummet for eksempelvis henholdsvis funktionel og strukturel produktbeskrivelse være veldefineret, mens mapningen fra eksempelvis funktionel produktbeskrivelse til strukturel produktbeskrivelse ikke kan defineres.

Hyppighed af de enkelte specifikationsopgaver er, sammenholdt med varigheden (forbrug af mandtimer) af de enkelte specifikationsopgaver, et udtryk for, hvor det største *ressourceforbrug* i specifikationsarbejdet ligger, samt hvor der er enslydende opgaver, der udføres med stor hyppighed.

For at kunne at afdække ressourceforbruget og finde enslydende opgaver, der udføres med en stor hyppighed, kan der udføres en analyse af, hvilke opgaver der udføres i henholdsvis konstruktion og produktionsforberedelse. Analysen kan f.eks. udføres som et frekvensstudie, hvor det undersøges hvor stor en del af medarbejdernes tid, der anvendes på givne opgaver - defineret ved specifikationsresultat eller specifikationsmetode (aktivitet).

De eksempler på opgaver, der er vist i det følgende, er hovedsageligt defineret ved specifikationsarbejdets resultat - f.eks. en routing eller en detailbeskrivelse af en komponent. I forbindelse med analyse af arbejdsforberedelsesgraden er det imidlertid interessant at identificere ensartede arbejdsrutiner, d.v.s. at det er specifikationsmetoden, der skal være ensartet.

I dette projekt har det hovedsageligt kun været muligt at klassificere specifikationsmetoder efter deres resultat. De følgende eksempler på opgavetyper (ensartede specifikationsmetoder) er således identificeret under forudsætning af at specifikationsarbejde, der munder ud i ens-artede resultater, er udført med ensartede arbejdsrutiner.

I nedenstående figur 58 er angivet et eksempel på nogle typiske opgaver, der udføres i forbindelse med produktionsforberedelse af produkter. De enkelte delopgaver er beskrevet ved dels den generelle aktivitet, der udføres, f.eks. udarbejde indkøbsgrundlag, routing, eller cnc-kode, og dels det produktelement aktiviteten omfatter. Med produktelement menes en afgrænset del af et varenetværk (komponent) i en af virksomhedens produktfamilier (i figuren kaldet produktserier). Denne opdeling er valgt, da opgaverne herved knyttes til en familie af ensartede produktelementer.

I figuren er vist nogle enkelte eksempler på hyppighed og ressourceforbrug af aktiviteter, f.eks. har aktiviteten "udarbejde indkøbsgrundlag for komponent x1 i produktserie y1" en hyppighed på 200 gange pr år og en varighed på 3 timer pr gang ialt 600 timer.

Produktelement Aktivitet	Komponent x1 i produktserie y1	Komponent x2 i produktserie y1	Komponent x1 i produktserie y2	o.s.v.
Udarbejde indkøbsgrundlag	3 timer 200 gange pr år ialt 600 timer			
Udarbejde routings		1,5 timer 250 gange pr år ialt 375 timer		
Udarbejde operationsbeskrivelse				
Konstruere værktøj			40 timer 30 gange pr år ialt 1200 timer	
Udarbejde CNC-kode				
o.s.v.				

Figur 58. Tidsforbrug og hyppighed af arbejdsrutiner i produktionsforberedelsen.

Ved at fastlægge hvor ofte en given opgave udføres og det tilhørende tidsforbrug, fremkommer et billede af, hvorledes ressourcerne anvendes i produktionsforberedelsen, og hvor der findes enslydende opgaver, der udføres med stor hyppighed.

Ved analyse af de aktiviteter, der udføres i forbindelse med produktets konstruktion, findes der ikke samme klare billede af de opgaver, der udføres, som i produktionsforberedelsen. I nedenstående figur 59 er antydte elementer i konstruktionsarbejdet ved henholdsvis nykonstruktion, variantskabelse, og tilpasning. Med tilpasning menes tilpasning af et produkt i forbindelse med en kundeordre, i modsætning til variantskabelse, der omfatter udvikling af en ny variant til virksomhedens generelle produktprogram.

	Behovsanalyse	Koncept	Embodiment	Detail
Tilpasning	xxxxxxxxxxxx	xxxxxxxxxxxx		
Variant	xxxxxxxxxxxx			
Nykonstruktion				

Figur 59. Delopgaver ved konstruktion og tilpasning af produkter.

Behovsanalyse indeholder en fastlæggelse af kravene til produktet gennem de forskellige faser i produktets livscyklus, koncept omfatter en fastlæggelse af produktets funktionelle virkemåde, embodiment omfatter valg af principløsning og produktets strukturelle opbygning, mens detailaktiviteten omfatter den endelige detailbeskrivelse af produktet. I forbindelse med tilpasning og variantskabelse er det hovedsageligt aktiviteterne embodiment og detail, der er i fokus, da overordnede produktkrav og koncept almindeligvis er fastlagt på forhånd.

Produktelemt Aktivitet	Komponent x1 i produktserie y1	Komponent x2 i produktserie y1	Komponent x1 i produktserie y2	o.s.v.
Tilpasning Embodim.				
Tilpasning Detail				
Variant Koncept				
Variant Embodiment				
Variant Detail				
Nykonst. Behovsan.				
Nykonst. Koncept				
Nykonst. Embodim.				
Nykonst. Detail				

Figur 60. Tidsforbrug og hyppighed af arbejdsrutiner ved konstruktion af produkter.

I ovenstående figur 60 er, med udgangspunkt i beskrivelsen af aktiviteterne ved produktkonstruktion i figur 59, vist typer af opgaver i forbindelse med konstruktion af produkter, opdelt

efter den generelle karakter af opgaven og det produktelement, der arbejdes med, svarende til beskrivelsen af delopgaver ved produktionsforberedelse.

I dette projekt er det, som nævnt, specificationsaktiviteterne i forbindelse med variantskabelse og tilpasning, der er i fokus. Indenfor de enkelte delaktiviteter kan der foretages yderligere nedbrydning, f.eks. "udfør Finite Element (FEM) analyse", "tyngdepunktsberegning i forbindelse med variant embodiment", eller "angiv tolerancer og overflader i forbindelse med detailspecifikation". Kirkegård har på tilsvarende måde foreslået en opdeling af opgaverne ved konstruktion af produkter [Kirkegård, 79, p. 50], og har her også medtaget aktiviteter af supporterende art, eksempelvis kvalitetskontrol eller salgssupport.

I eksemplet med reolproduktion er der en hyppighed på 10 - 15 ordrer pr dag, hvilket sammenholdt med at tidsforbruget til specifikation af en ordre (d.v.s. detailspecifikation af reol, samt fastlæggelse af routings for de indgående komponenter i reolen) ligger på 1 til 2 timer, giver et ressourceforbrug alene til ordrespecifikation på 2 til 4 mand pr år. Hvis dette ressourceforbrug ved at understøtte arbejdet med opbygning af en produkt- og produktionsmodel, der indeholder regelsæt og parametre til opbygning af styk- og operationslister, kan reduceres til 1 mandår, vil der således være en årlig besparelse på 1 til 3 mandår til at finansiere arbejdet med udvikling og vedligeholdelse af en sådan produkt- og produktionsmodel.

Gennemløbstid ved udarbejdelse af specifikationer er afgørende for virksomhedens reaktions- evne og fleksibilitet m.h.t. hurtig tilpasning af produkter og specifikation af nye kundevarianter. Beskrivelse af gennemløbstiden er relateret til beskrivelsesdimensionen *ressourceforbrug og hyppighed*, ved at det er de samme aktiviteter, der analyseres - blot med fokus på aktiviteternes gennemløbstid.

Gennemløbstiden kan f.eks. beskrives ved anvendelse af aktivitetskæder [Frick, 44], hvor de enkelte aktiviteter i forløbet med specifikation af produktet og dets fremstillingsmetode beskrives ved deres varighed og indbyrdes afhængighed (med eller uden overlap).

Kort gennemløbstid og dermed en hurtig reaktionsevne i markedet kan ofte være et afgørende krav for at kunne vinde ordrer. Et eksempel herpå er en virksomhed, der producerer pladevarmevekslere, der almindeligvis indgår i større konstruktioner (f.eks. kølerum i bygninger eller skibe), hvorfor præcis levering og hurtig afgivelse af tilbud er kritiske parametre for at vinde ordrer. For at opnå en hurtigere tilbudsgivning, og samtidig sikre en registrering af alle nødvendige produktoplysninger fra kunden, har virksomheden valgt at opbygge en produktkonfigurator til specifikation af produkter.

Den afgørende betingelse for at opbygge en sådan produktkonfigurator var et krav fra markedet om at kunne afgive bindende tilbud fra dag til dag. Den eneste mulighed for at kunne reducere gennemløbstiden ved tilbudsgivning til én dag, var ved at opbygge en applikation, der indeholdt viden og information for udarbejdelse af tilbud.

Grundlaget for opbygning af systemet var således dels et kritisk mål om dag til dag afgivelse af tilbud, og dels en analyse af gennemløbstiden, der viste, at dette kun var muligt ved opbygning af produktkonfigurator, som sælgerne direkte kunne arbejde med hos kunden. En analyse af analyserbarhed og kompleksitet viste desuden, at det ikke ville være realistisk at lagre viden og

information om produktets konfigurerings i et almindeligt katalog, dels på grund af de mange kombinationsmuligheder, og dels på grund af hyppige ændringer i produktprogrammet. Kravene til kort gennemløbstid kan således i nogle tilfælde være et afgørende argument for at understøtte specifikationsarbejdet med IT.

I eksemplet med reolproduktion viser en analyse af gennemløbstiden, at den samlede gennemløbstid i ordrebehandlingen er ca. 3 uger, hvoraf de 2 uger anvendes til specifikation af produktet og dets fremstillingsforløb, mens den sidste uge bruges til oprettelse af styk- og operationslister i virksomhedens materiale og kapacitetsstyringssystem og udskrivning af jobkort, routings, materialerekvisitioner m.v. Gennemløbstiden ved afgivelse af tilbud er i dag ca 2 uger, hvilket ønskes reduceret til højst 1 dag.

I forbindelse med opbygning af produkt- og produktrelaterede modeller er det, som nævnt, ifølge [Dataforeningen i Sverige, 34, p. 18] en afgørende forudsætning, at man kan identificere et grundlæggende produktkoncept, der beskriver fællestræk i en eller flere familier i virksomhedens produktprogram. Med *Stabilitet* menes om det er muligt at identificere en sådan grundstruktur og om det grundlæggende produktkoncept og produktionsstrukturen er stabil over tid.

Stabiliteten er afgørende for rentabiliteten i at opbygge systemer til produkt- og metode-specifikation, idet stabiliteten beskriver produkt- og produktrelaterede modellers levetid, og dermed det tidsrum, hvori den kapital, der investeres i udvikling af systemet, kan afskrives.

I forbindelse med fastlæggelse af det grundlæggende koncept for produktet og dets fremstilling (produktionsstruktur) skal man desuden identificere de variationer, et produkt- og metode-specifikationssystem skal kunne håndtere (systemets fleksibilitet m.h.t. variation i produkt og produktion).

Frihedsgrader vedrører kravene til modellens generellitet og dermed fleksibilitet overfor fremtidige ændringer i produkt eller produktion. Et eksempel: ved modellering af hyldeobjekterne i reoleksemplet må det afgøres, om modellen alene skal kunne håndtere rektangulære hylder, eller den skal indeholde andre geometrier som f.eks. trekantede eller buede hylder. I det første tilfælde er hyldens geometri (rektangular) indbygget i modellen, hvorimod det i det sidste tilfælde med forskellige geometrier vil være nødvendigt at definere hyldens geometri som en variabel og tage hensyn til varierende emnegeometrier ved fastlæggelse af de øvrige beskrivende og udførende parametre (attributter og services) i hyldeobjekterne.

I nedenstående figur 61 er sammenfattet produkt- og metodespecifikationsopgaven for A/S Reoler. Som nævnt kan både produkter og routings beskrives på en enkel måde samtidig med at der findes en enkel og entydig mapning mellem den strukturelle produktbeskrivelse og metodebeskrivelsen. Dette sammenholdt med den relativt store hyppighed af specifikationsopgaverne (10 til 15 ordrer pr dag) indikerer, at det vil være økonomisk rentabelt at ændre strukturen i produkt- og metodespecifikationssystemet, således at der opbygges en applikation, der indeholder regler for generering af produktspecifikationer og routings.

Kritisk mål:

Hurtig tilbudsgivning (max 1 dag).

Afvigelse mellem for- og efterkalkulation max 10 %.

Gennemløbstiden i ordrebehandlingen reduceres fra 3 uger til 2 dage.

Styk- og operationslister ved alle ordrer inden de sættes i produktion.

Ressourceforbrug og hyppighed:

10 - 15 ordrer pr dag.

1 til 2 timer pr specifikation (stykliste og routing).

Gennemløbstid:

2 uger ved afgivelse af tilbud, fra forespørgsel til færdig specificeret tilbud.

3 uger ved specifikation af ordrer, fra ordre til færdig specificeret produktionsgrundlag.

Kompleksitet:

Simpelt produkt og produktionsflow. 3 niveauer i styklisten (hovedparten er finerede spånplader i forskellige dimensioner og med forskellig overflade). Ensartet produktionsforløb med mulighed for alternativ maskinvalg ved de enkelte processer.

Mapning:

Produktet består af finerede spånplader. Pladens dimensioner, overflade m.v. dikterer operations-forløb og tidsforbrug. Enkle regler for fastlæggelse af operationsforløb og beregning af tidsforbrug.

Stabilitet og frihedsgrader:

Fortsat reolmøbler af finerede spånplader (de næste 3 - 5 år). Systemet skal være fleksibelt overfor nye reoldesign og ændret maskinbestykning.

Figur 61. Produkt- og metodespecifikationsopgaven for A/S Reoler.

Med udgangspunkt i den formulerede opgave kan det IT-baserede systems overordnede indhold og struktur sammenfattes ved, at systemet dels skal omfatte reolernes strukturelle beskrivelse, svarende til en produktmodel på komponentniveau, og dels en produktionsmodel, der indeholder viden og information for fastlæggelse af routings, for reolens indgående komponenter, svarende til fabriksmodel hos Krause (se afsnit 2.3.3.1). Modellerne skal indeholde generiske beskrivelser af reolen og dens fremstillingsforløb (se figur 49).

3.3.3 FORMÅL, SYNSVINKEL OG KONTEKST

Med udgangspunkt i analysen af produkt- og metodespecifikationsopgaven, udstikkes rammerne for det videre arbejde, med at opbygge produkt- og produktrelaterede modeller, ved at formulere formål, synsvinkel og kontekst for modelleringsarbejdet. I nedenstående definition af indholdet af formål, synsvinkel, og kontekst er der dels taget udgangspunkt i ICAM's anvendelse af begreberne [ICAM, 62, p. 83-84], og dels i de domænespecifikke forhold i dette projekt, d.v.s. opbygning af produkt- og produktrelaterede modeller.

Formål:

Ved formålet fastlægges hensigten med at bygge modellen, og hvad den skal bruges til. F.eks. at understøtte arbejdet med at specificere routings, for derved at opnå mindre ressourceforbrug og kortere gennemløbstid i produktionsforberedelsen.

Synsvinkel:

Fastlægger modelbyggernes synsvinkel indenfor den givne kontekst, f.eks. produktionsforberederens synsvinkel på modellering af viden og informationer for opbygning af routings, herunder om modellen skal indeholde generelle regler for generering af routings eller det skal være et system for lagring og genfindning af tidligere specifikationer.

Kontekst:

Ved modellens kontekst angives modellens afgrænsning i forhold til omgivelserne (a larger whole). I forbindelse opbygning af produkt- og produktrelaterede modeller fastlægges således hvilke produktegenskaber, d.v.s. elementer fra de beskrevne produkt- og produktrelaterede modeller i afsnit 2.3, samt hvilke produktelementer, der skal medtages i modellen.

Med baggrund i resultatet fra analysen af produkt- og metodespecifikationsopgaven kan formål, synsvinkel og kontekst for opbygning af en produkt- og produktionsmodel for A/S Reoler sammenfattes ved:

Formål:

Modellens formål er at opbygge en applikation, der kan understøtte arbejde med at udarbejde styklister og routings for reoler, for derved at reducere gennemløbstiden og ressourceforbruget for udarbejdelse af de nævnte specifikationer.

Synsvinkel:

Synsvinklen er primært produktionsforberederens, d.v.s. produktmodellen opbygges ud fra produktionsforberederens synsvinkel, så denne kan danne grundlag for produktionsmodellen med udarbejdelse af routings. Der modelleres generelle regler for opbygning af produktspecifikationer og routings.

Kontekst:

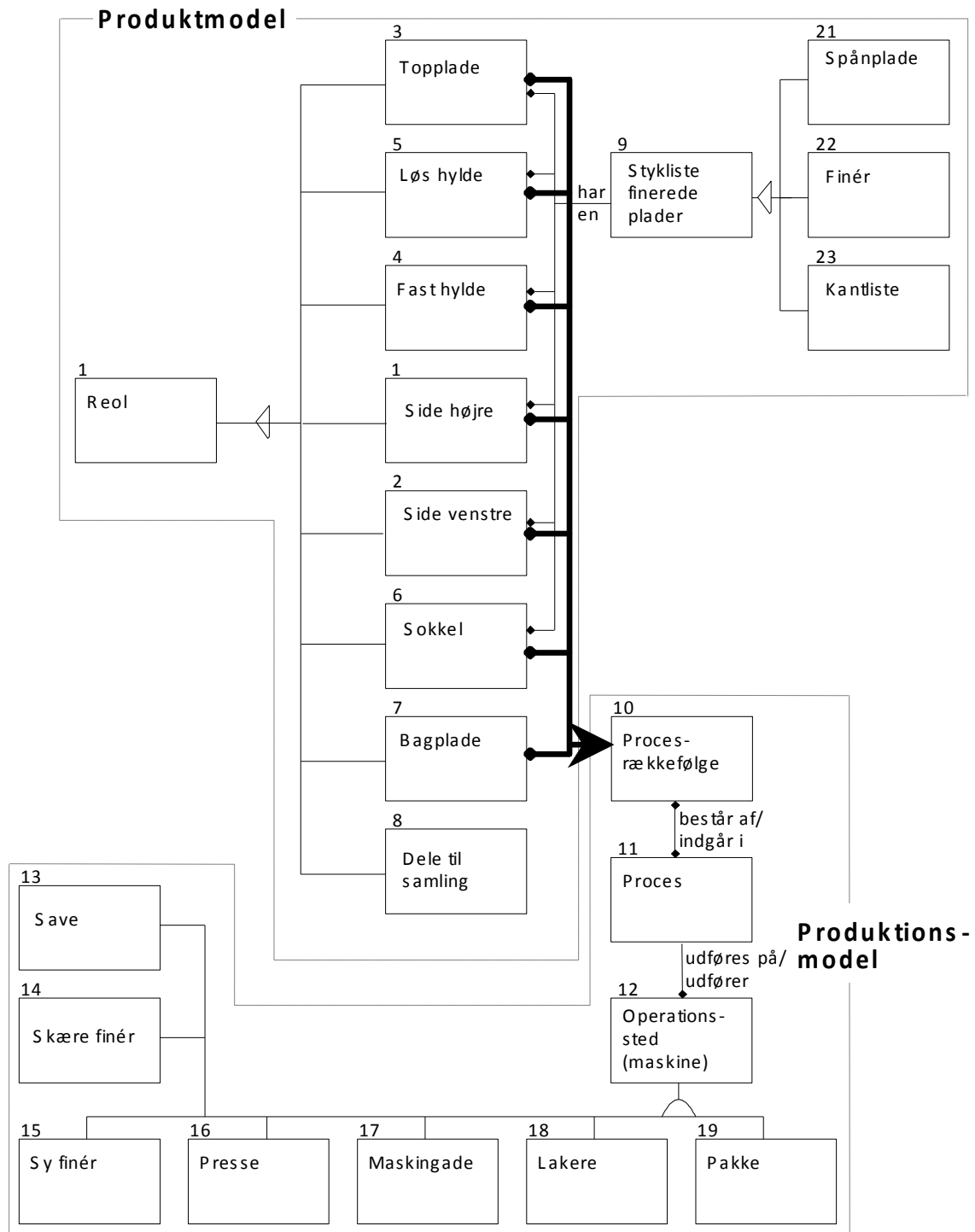
Modellens kontekst er specifikation af reoler og deres fremstillingsforløb, d.v.s. tegning, stykliste, og routing. Modellen indeholder elementer fra fabriksmodel og produktmodel på komponentniveau fra de viste referencemodeller for produktmodellering (se afsnit 2.3.3).

3.4 OPBYGNING AF OOA-MODEL

I det følgende vil jeg illustrere fremgangsmåden ved opbygning af en objektorienteret analyse model (OOA-model) præsenteret i afsnit 2.2.4, og præcisere den notation og fremgangsmåde, der er anvendt i dette projekt, ved at udlede en OOA-model for eksemplet med specifikation af reoler og deres fremstillingsforløb introduceret i afsnit 3.2.1.

I bilag 1 er vist et udsnit af en objektorienteret model, der indeholder viden og informationer for opbygning af reolernes stykliste og routings med tidsforbrug ved de enkelte operationer. Modellen omfatter dels et oversigtsdiagram med angivelse af alle objekter i modellen og deres indbyrdes relationer, og dels nogle af de enkelte objekter, beskrevet ved deres egenskaber (attributes) og procedurer (services).

I modellen er anvendt elementer fra to forskellige objektorienterede analysemetoder. Til oversigtsdiagrammet, vist i nedenstående figur 62, er, som nævnt, anvendt Coad og Yourdon's notation med angivelse af objekt hierarkier (generalisering-specialisering og helhed-del strukturer) og øvrige relationer mellem objekter (instans forbindelser og meddelelses forbindelser).



Figur 62. OOA oversigtsdiagram for reoleksempel.

Modellen omfatter to emneområder (subjects), svarende til opdelingen i en produktmodel og en produktionsmodel (fabriksmodel), vist i afsnit 2.3. Som udgangspunkt for identificering af objekter og objekthierarkier kan der foretages en identifikation af features, som vist i afsnit 4.4.2. Til beskrivelse af de enkelte objekter er anvendt en udvidet udgave af de såkaldte "class-responsibilities-collaborations cards" (CRC-cards), beskrevet i [Beck og Cunningham, 14]. Et CRC kort er opdelt i følgende felter:

- objektets navn
- hvad objektet ved, d.v.s. objektets egenskaber (attributes)
- hvad objektet gør, d.v.s. objektets procedurer (services)
- hvilke objekter det samarbejder med

Her er CRC-kortet (se figur 63) udvidet med felter, der beskriver super og subclasses til objektet, d.v.s. henholdsvis forældre- og børneobjekter i et generaliserings - specialiserings-hierarki, samt felter, der beskriver super- og subparts i et "helhed-del" (whole part) hierarki.

I forbindelse med opbygning af modellen anvendes, som nævnt afsnit 2.2.4, dels en informationsmæssig synsvinkel, hvor objekterne og deres egenskaber (attributes) identificeres, og dels en funktionssynsvinkel, hvor objekternes procedurer (services) fastlægges. Den dynamiske synsvinkel vil ikke blive berørt i dette eksempel.

Desuden anvendes femlags-modellen omtalt i afsnit 2.2.4.1, hvor der indledningsvis foretages en opdeling i emneområder, der i dette tilfælde omfatter førnævnte produktmodel og produktionsmodel. Derefter identificeres objekter og objekthierarkier (evt. med udgangspunkt i en identifikation af systemets features), og endelig fastlægges de enkelte objekters attributter og metoder (procedurer).

Der anvendes "generalisering-specialisering" og "helhed-del" hierarkier til organisering af objekterne. Den første type ("generalisering-specialisering") kategoriserer objekter med fælles egenskaber fra generelle til specifikke objekter i de såkaldte generaliserings-specialiserings hierarkier, der også kaldes nedarvningshierarkier, fordi de specialiserede objekter længere nede i hierarkiet "arver" generelle egenskaber fra de generelle (overordnede) objekter. Den anden type af hierarkier samler objekter af forskellig type i helhed - del (whole part) hierarkier, der også benævnes samlings- eller kompositionshierarkier.

Ved at betragte domænet med specificering af reoler og deres fremstillingsforløb, er der nogle objekter, der umiddelbart kan identificeres. Reol er et oplagt objekt, og da denne består af flere forskellig dele (objekter) som topplade, løse og faste hylder, sider, sokkel, o.s.v., er der hermed identificeret det første hierarki, et "helhed-del" hierarki, hvor reolen (helheden) består af de forskellige dele.

De finerede plader, som reolen består af, repræsenteres ved en stykliste, der indeholder de materialer, der indgår i produktionen af disse finerede plader. Styklisten for finerede plader beskrives som et "helhed-del"-hierarki, der indeholder objekterne: spånplade, finer og kantliste.

Andre oplagte objekter er de operationssteder, de finerede plader skal igennem i produktionen. Operationsstederne er hver især karakteriseret ved den operation, der skal udføres på det pågældende sted, d.v.s. beskrivelsen er specifik for de forskellige operationssteder. Denne sammenhæng indfanges udmærket i et generalisering/specialisering - hierarki, hvor operationsstedet kategoriseres efter procestype; save spånplader, skære finer, sy finer, sammenføje finer og spånplade, o.s.v.

Udover objekthierarkier fastlægger informations-synsvinklen, som nævnt, objekternes egenskaber, d.v.s. den information (attributes), der beskriver det enkelte objekt (det objektet ved om

sig selv). For reolen og dens komponenter er det den strukturelle beskrivelse af reolen, der skal repræsenteres i modellen, d.v.s. en beskrivelse af reolens opbygning og de enkelte dele i reolen.

Det enkelte objekt beskrives ved egenskaber (attributes) som: hylde dybde, bredde, pladetykkelse, o.s.v. samt antal løse og faste hylder for reolen. Udformningen af reolens komponenter, f.eks. en løs hylde, begrænses af de mål, der er specificeret for reolen som helhed. Derfor skal de geometriske mål for den løse hylde koordineres (specificeres i samarbejde) med de mål, som reolen indeholder. De øvrige objekter indeholder på tilsvarende måde de egenskaber (attributes), der, ifølge formål, synsvinkel og kontekst, er nødvendige for at beskrive objekterne (objektets viden om sig selv).

Den funktionelle synsvinkel af objektorienteret analyse fokuserer på funktionaliteten af enkelte objekter, samt funktionaliteten af systemet som helhed. Dette gøres ved at tilknytte adfærd (behaviour) til de enkelte objekter ved at identificere procedurer (services) der udfører denne adfærd, samt at beskrive samarbejdet mellem objekter, der realiserer dele af systemets funktionalitet.

I reoleksemplet er generering af routingliste for "løs hylde" et eksempel på den funktionelle synsvinkel. Objektet "løs hylde" skal, ifølge modellens formål, synsvinkel og kontekst, indeholde en adfærd, der sætter det i stand til at oprette en routing, der viser operationsforløbet ved produktionen af "løs hylde" og det forventede tidsforbrug ved de enkelte operationer. Desuden skal objektet kunne fremvise denne routing, hvis det ønskes. Begge dele er en del af systemets funktionalitet. Det at fremvise en routing er en relativ simpel opgave, som kan varetages af "løs hylde" selv, uden hjælp fra andre objekter.

Det at generere en routingliste er mere kompleks og kræver samarbejde mellem flere objekter. For at kunne løse denne opgave, er det nødvendigt, at oprette to nye objekter. Et proces-objekt der organiserer (indeholder viden om) operationsstederne efter de processer, der bliver udført, samt et procesrækkefølge-objekt, der indeholder viden om, hvordan en procesrækkefølge for et emne (f.eks. "løs hylde") skal udformes ud fra emnets karakteristika, der ved eksemplet med "løs hylde" er beskrevet i "løs hylde objektet."

Opgaven med at generere routing for "løs hylde" er hermed opdelt i tre delopgaver. Den første delopgave er at finde den rigtige procesrækkefølge. Dette udføres i samarbejde med (via en meddelelsesforbindelse (message-kald) til) procesrækkefølge-objektet, som, ud fra oplysninger om den løse hylde's karakteristika, ved hjælp af sine procesregler og kendskab til virksomhedens processer (procesliste) kan generere en passende procesrækkefølge og returnere denne til "løs hylde". I eksemplet med reolproduktion er dette særlig enkelt, da alle finerede spånplader gennemløber samme procesrækkefølge.

"Løs hylde" er herefter i stand til at opsøge hver enkelt proces i procesrækkefølgen og finde det mest hensigtsmæssige operationssted (maskine), samt eventuelle alternative operations-steder, der kan gennemføre processen. D.v.s. ud fra informationer om den løse hylde's mål, angivet i "løs hylde objektet", er proces-objektet i stand til at opsøge de operationssteder, som realiserer den pågældende proces, og finde ud af, om operationsstedet kan bearbejde den pågældende løse hylde, samt prioritere eventuelle alternativer og derefter returnere information vedr. valg af operationssted for bearbejdning af "løs hylde".

Efter at have foretaget valg af operationssteder (maskiner) er "løs hylde objektet" i stand til at opsøge de enkelte operationssteds-objekter, og anmode om den pågældende operationstid. Dermed består routinglisten nu af en operationsrækkefølge med angivelse af mulige alternative maskinvalg, samt en angivelse af operationstider ved de enkelte operationer.

I nedenstående figur 63 er vist presse-objektet, der indeholder regler for valg af presse og beregning af tidsforbrug. Det bemærkes, at regler for valg af presse er formuleret i en tabel, der, for de to presser, angiver, hvilken prioritet (1 eller 2) den pågældende presse har ved forskellige længdeintervaller af de emner, der skal presses. Denne løsning er valgt under hensyn til at systemet, ifølge produkt- og metodespecifikationsopgaven for A/S Reoler, skal være fleksibelt overfor ændringer i maskinbestykningen. Hvis der investeres i en ny presse, skal der således ikke foretages ændringer i programstrukturen, idet systemet kan opdateres ved at rette i den nævnte tabel, der angiver prioriteteret valg af presse efter emnets længde.

Desuden skal det bemærkes, at der ved det viste presse-objekt ikke er vist "collaborations", hvilket skyldes at presse-objektet er en del af et generalisering-specialiserings hierarki, således at de objekter, der samarbejder med presseobjektet (og de øvrige operationssteder) er vist under operationsstedsobjektet, der er en superclass til presseobjektet (se iøvrigt bilag 1).

Name: Presse		No: 16
List of superclasses: Operationssted (No. 12)		
List of subclasses:		
List of superparts:		
List of subparts:		
Responsibilities		Collaborations
Knows: Identifikation Pressens Længde Pressens Bredde Cyklustid Liste med prioritering [Presse#, interval, prioritet] Presse 1, Længde < 65 cm, (1) 65 cm < Længde < 100 cm (2) 100cm < Længde <135 cm (1) Presse 2, Længde < 65 cm (2) 65 cm < Længde < 100 cm (1) 100 cm <Længde <135 cm (2) 135 cm < Længde <205 cm (1)		
Does: Dan prioriteret maskinliste Beregn tidsforbrug: Tid = Cyklustid*(B+15)/Pressebredde/ INT(Presselængde/Længde)		

Figur 63. Presse-objektet, med valg af presse og beregning af tidsforbrug.

Ved angivelse af regler for beregning af tidsforbrug gælder samme overvejelser som ved formulering af regler for valg af presse. Den anførte formel er således generel for alle presser, idet den er baseret på pressens længde og bredde, der angiver kapaciteten pr slag, samt cyklustiden, der angiver tiden pr slag svarende til maskinens takttid. Det sidste led, der beregner heltalsværdien af forholdet mellem pressens længde og emnets længde korrigerer for om der kan ligge en eller to rækker af emner ved siden af hinanden i pressen.

Det viste eksempel med modellering af et system for specificering af reoler og deres fremstillingsforløb illustrerer forløbet ved opbygning af en OOA-model. Ved opbygning af OOA-modellen modelleres den viden og information, der anvendes ved specifikation af produkter og deres fremstillingsforløb i relation til systemets fastlagte formål, synsvinkel og kontekst. Der anvendes teknikkerne beskrevet i afsnit 2.2.4, samt en notation baseret på de såkaldte CRC-cards. Desuden skal det bemærkes, at et udmærket udgangspunkt for identificering og karakterisering af objekter er indledningsvis at foretage en identifikation af systemets features (se afsnit 2.3.2 og 4.4.2).

3.5 DESIGN, PROGRAMMERING, IMPLEMENTERING OG VEDLIGEHOLDELSE

I dette afsnit vil jeg knytte nogle kommentarer til de afsluttende faser i fremgangsmåden (fase 4 til 7). Forløbet ved opbygning af objektorienteret design (OOD-model) og programmering af systemet gennemføres som anført i afsnit 2.2.4.3 og 2.2.4.4. Opbygning af OOD-modellen foretages i hovedtræk ved at detaljere objekterne i OOA-modellen og evt. tilføje enkelte nye objekter. OOD-modellen består således af de samme objekter som OOA-modellen og evt. enkelte nye objekter, der er tilføjet af hensyn til systemets implementering (programmering).

Ved opbygning af objektorienteret design for reoleksemplet, skal der således påføres enheder og værdiintervaller ved de enkelte egenskabsværdier. F.eks. skal der ved presseobjektet i figur 63, for egenskaben "Pressens Længde", angives at enheden er millimeter og værdiintervallet er fra 500 mm til 7000 mm. I øvrigt skal der foretages en udbygning af OOA-modellen jævnfør fremgangsmåden vist i afsnit 2.2.4.3 (i dette projekt er opgavestyringssynsvinklen udeladt).

Som tidligere nævnt, bliver det ved anvendelse af objektorienteret modellering lettere at gennemføre en arbejdsdeling mellem modelbygger (domæneekspert) og EDB-systemudvikler (programmør), idet modelbyggeren udfærdiger OOA-modellen mens EDB-systemudvikleren programmerer systemet. Opbygning af OOD-model kan udføres i et samarbejde mellem de to aktører, idet fordelingen af arbejdet mellem systemudvikler og programmør kan vægtes forskelligt i den enkelte situation (se iøvrigt [Carstensen, 21, p. 86-88]).

Den opbyggede OOD-model danner grundlag for programmering, og udgør dermed, hvis der vælges et objektorienteret programmeringssprog (se afsnit 2.2.4.4), systemets dokumentation. I den forbindelse skal det bemærkes, at det er nødvendigt at der ved vedligeholdelse af systemet gennemføres en samtidig opdatering af OOD-model og EDB-program.

I forbindelse med implementering er det afgørende ikke at etablere en ekstra informationsø i virksomheden. Det er derfor væsentligt at systemet har veldefinerede snitflader for udveksling af filer m.v., der overholder gældende standarder. I den forbindelse kan implementering i et CAD-system ved anvendelse af makroprogrammering være et relevant alternativ, idet man i det tilfælde lægger sig op ad CAD-systemets snitflader for udveksling af filer m.v. Da mange udbydere af CAD-systemer efterhånden vælger at overholde STEP-standarden, får man derved en enkel mulighed for løbende at overholde internationale standarder indenfor området, i takt med udvikling af nye versioner af det pågældende CAD-system.

Vedligeholdelse af systemet lettes væsentligt ved anvendelse af objektorienteret modellering. [Coad og Yourdon, 31, p. 14] anfører at vedligeholdelsesomkostninger ved traditionelle systemer typisk udgør 75 - 80 % af systemets (programmets) samlede livscyklusomkostninger. [Agida, 1, p. 238] argumenterer at ved traditionel systemudvikling er omkostningerne ved programmering af senere versioner af et system næsten de samme som ved version 1, da det ikke er muligt at genbruge elementer fra den tidligere version. Ved objektorienteret programmering er der en væsentlig besparelse ved udvikling af senere versioner, da der her kan genbruges elementer fra den første version.

3.6 SAMMENFATNING

Ved formulering af den opstillede hypotese er hovedvægten lagt på analysedelen fra analyse af produkt- og metodespecifikationsopgaven frem til og med opbygning af en OOA-model. Dette er gjort i en erkendelse af at jeg, som nævnt i afsnit 1.1, ikke har fundet teori for at fastlægge indhold og struktur af IT-systemer til understøtning af specifikationsarbejdet i den enkelte specifikke virksomhed, ligesom jeg heller ikke har fundet teori for at relatere indhold og struktur af IT-systemer til den arbejdsforberedelsesgrad, der skal vælges ved virksomhedens specifikationsaktiviteter.

Opgavebegrebet bidrager i den forbindelse til at formulere omgivelsernes krav til den enkelte virksomheds specifikationsystem, og sikrer at de valg, der foretages vedr. opbygning af systemer til understøtning af specifikationsarbejdet, koordineres med virksomhedens målsætning og overordnede strategiske planer. For at analysere arbejdsforberedelsesgraden ved virksomhedens specifikationsaktiviteter er anvendt begreber og metoder fra traditionel analyse af det direkte arbejde i produktionen.

Gennem analyse af specifikationsaktiviteterne udledes grundlaget for opbygningen af systemer til at understøtte arbejdet, idet indhold og karakteren af den viden og information, der anvendes ved de enkelte specifikationsaktiviteter i virksomheden, leder frem til indhold og struktur i de IT-systemer, der skal understøtte specifikationsaktiviteterne. For at analysere og modellere viden- og informationsarbejdet er anvendt objektorienteret modellering, der bidrager med et "sprog" til formulering af modeller, samt referencemodeller for produktmodellering, der bidrager til at strukturere indholdet af modellerne.

Hovedsynsvinklen i dette projekt er, som nævnt, fastlæggelse af arbejdsforberedelsesgraden i virksomhedens specifikationsaktiviteter. Den opstillede liste af beskrivelsesdimensioner skal således ikke anses for at være udtømmende, da der ikke i dette projekt er arbejdet med at formulere beskrivelsesdimensioner, der dækker øvrige synsvinkler som f.eks integration af aktiviteterne i specifikationssystemet, organisering af specifikationsaktiviteterne, eller kvalitet af specifikationerne.

Fastlæggelse af produkt- og metodespecifikationsopgaven ses som et led i en samlet fremgangsmåde for opbygning af IT-systemer til understøtning af specifikationsarbejdet, baseret på anvendelse af produkt- og produktrelaterede modeller. Den samlede fremgangsmåde tager udgangspunkt i en fastlæggelse af systemets opgave, der leder frem til en fastlæggelse af systemets indhold og struktur, der danner grundlag for de efterfølgende faser, der er baseret på

anvendelse af objektorienteret modellering. De efterfølgende faser for design, programmering, implementering og vedligeholdelse følger i hovedtræk den gængse teori knyttet til den objektorienterede projektlivscyklus.

Da løsningsrummet for opbygning af systemer til understøtning af virksomhedens specificationsaktiviteter, som nævnt, ikke er særlig veldefineret, er analysefasen i høj grad baseret på, at der gennemføres iterationer mellem formulering af krav til systemet og konstruktion af løsningselementer. Bl.a. derfor er der lagt vægt på at formulere den samlede fremgangsmåde, så den dækker alle faser i systemets livscyklus fra den indledende analyse af produkt- og metode-specifikationsopgaven til programmering og vedligeholdelse af systemet.

I projektets empiriske arbejde, der bliver præsenteret i det næste afsnit, er der tilsvarende lagt vægt på at gennemføre hele forløbet i fremgangsmåden frem til og med programmering af systemet. Derved bliver det muligt at afprøve indholdet af de enkelte faser i fremgangsmåden, ligesom det afprøves om det er muligt at "komme igennem" og modellere og programmere et system med et overskueligt ressourceforbrug.

4 EMPIRI

I dette kapitel er beskrevet det empiriske arbejde, der er udført hos Alfa Laval Separation A/S. Efter en indledende præsentation af virksomheden og projektets arbejdsforløb, er kapitlet i hovedtræk disponeret efter forløbet i fremgangsmåden, der er præsenteret i kapitel 3. D.v.s. analyse af produkt- og metodespecifikationsopgaven, fastlæggelse af modellernes overordnede indhold og struktur, opbygning af OOA-model, opbygning af OOD-model, samt programmering og præsentation af systemet.

4.1 ALFA LAVAL SEPARATION A/S

Alfa Laval Separation A/S er en del af Tetra Laval koncernen. Koncernen er inddelt i en række forretningsområder, hvoraf det ene er Separation. De enkelte forretningsområder er opdelt i markedsselskaber (applikationscentre), der markedsfører og sælger helhedsløsninger, hvori der indgår produkter fra eksterne leverandører eller produktcentre under Tetra Laval koncernen. Produktcentre udvikler og fremstiller produkter. Under forretningsområdet Separation findes 3 fabrikker (produktcentre) inden for Tetra Laval koncernen, der udvikler og fremstiller dekantere.

Alfa Laval Separation A/S i Søborg er et selvstændigt produktcenter under forretningsområdet Separation, der leverer til salgsselskaber til kostpris (d.v.s. omsætning måles i kostpris og ikke i salgspris). Virksomheden har ca. 220 medarbejdere, heraf 100 funktionærer. Omsætningen var i 1993 150 millioner kr. Der blev i 1993 produceret 325 dekantere, hvoraf 98% eksporteres til udlandet. Virksomheden oplever i øjeblikket en kraftig vækst i salget af dekantere, og venter en fortsat vækst indenfor området.

Virksomhedens organisation er opdelt i tre hovedområder, henholdsvis konstruktion, produktion og økonomi. I forbindelse med konstruktion og produktionsforberedelse er der beskæftiget ialt ca. 60 funktionærer. Virksomheden er, som nævnt, en del af forretningsområdet Separation, der ledes fra hovedafdelingen i Tumba i Sverige. De tre funktionschefer refererer således både til den danske administrerende direktør og til ledelsen i Tumba.

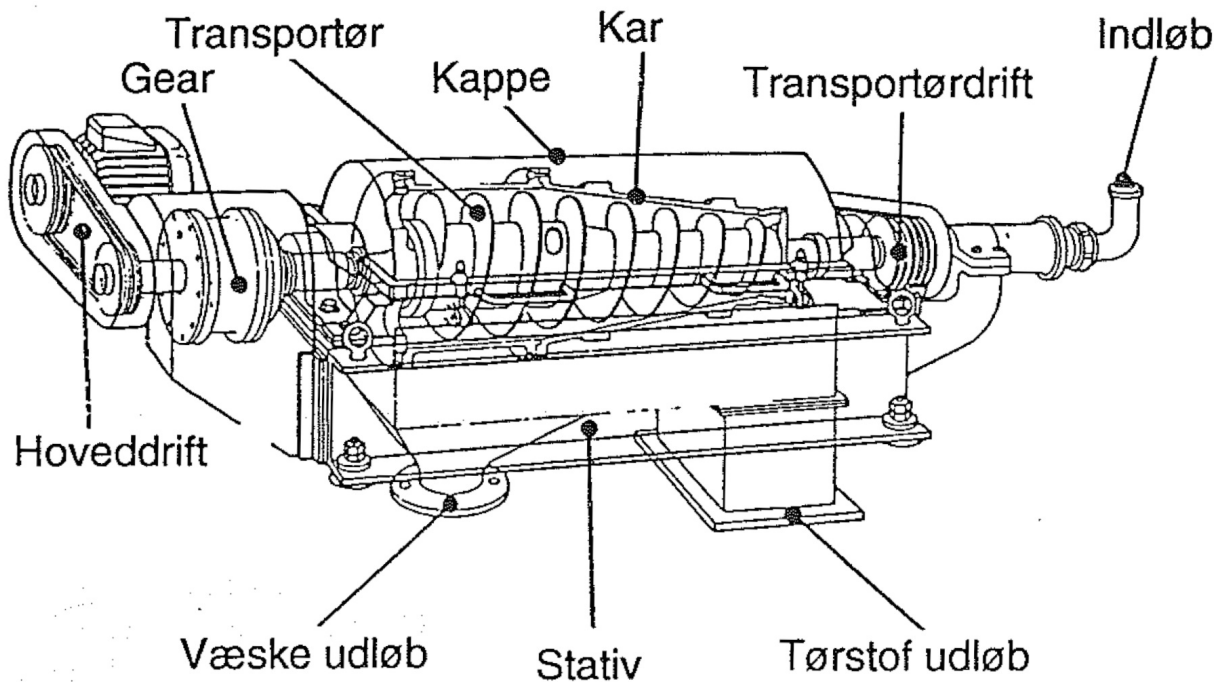
Virksomheden er ordreproducerende, dog således at en mindre del af de komponenter, der indgår i dekanteren, fremstilles efter prognoser. De dele, der fremstilles efter prognose, er hovedsageligt dele, der er fælles for de enkelte produktvarianter, og som har en relativ lav kostpris (for at minimere lagerbindingen).

Virksomheden har tidligere gennemført et UPS-projekt, hvor produktionen er opdelt i grupper, svarende til modulerne i dekanteren (se figur 64), f.eks. en produktionsgruppe for gavle og en produktionsgruppe for transportører. Gennemløbstiden i produktionen er i dag ca. 6-8 uger.

En dekanter er en vandret liggende centrifuge, der anvendes til at separere faste stoffer fra væske eller en type væske fra en anden. Dekanterne anvendes indenfor mange forskellige områder, eksempelvis i off-shore industrien, hvor dekantere anvendes til at filtrere boreslam, i

spildevandsrensning, i olivenolieindustrien, hvor dekantere anvendes til at adskille kerner og urenheder fra olien, samt i fødevarerindustrien i øvrigt, hvor dekantere anvendes til separering af f.eks. mælk, juice, vin m.v.

Dekantere fås i forskellige størrelser og udgaver afhængig af hvilken separationsopgave, der skal løses. I nedenstående figur 64 er vist opbygningen af en dekanter. Dekanteren består af en række moduler; stativ, kar (kugle), hoveddrift, transportørdrift, gear, lejer, gavle (i forbindelse med karret) og transportør.



Figur 64. Dekanter centrifuge.

Dekantere findes i ni forskellige produktfamilier, der hver indeholder en række varianter. Derudover fremstilles et stigende antal kundespecifikke varianter, hvor større eller mindre dele af dekanteren må konstrueres til et specifikt formål, f.eks. fordi der ikke tidligere er konstrueret dekantere til det ønskede anvendelsesområde. Ved specifikation af kundespecifikke dekantere er det hovedsageligt modulerne transportør, gavle og kar, der varieres efter kundespecifikke ønsker.

I tilknytning til udvikling og fremstilling af dekantere ligger der desuden en omfattende opgave med servicering af dekanterne. Ca. 10 % af omsætningen (målt i kostpris) ligger indenfor salg af reservedele, hovedsageligt sliddele, der regelmæssigt skal udskiftes. Virksomheden er i besiddelse af en omfattende dokumentation af alle tidligere leverede dekantere. Nuværende og tidligere produkter er dokumenteret ved ialt ca. 30.000 tegninger. Tegninger, der vedrører det nuværende produktprogram, opdateres løbende i takt med, at der gennemføres konstruktive ændringer på produkterne.

Mængden af dokumentation er således voksende, og arbejdet med at vedligeholde dokumentation øges tilsvarende, dels p.g.a. den stigende mængde af dokumentation og dels p.g.a. hyppige ændringer på produktet.

Virksomheden oplever, som nævnt, at kundespecifikke varianter udgør en stigende andel af omsætningen, samtidig med at markedet kræver hurtig reaktionsevne ved tilbudsgivning og specifikation af kundevarianter, hvilket stiller øgede krav til de funktioner (konstruktion og produktionsforberedelse), der er ansvarlige for specifikation af produkter og deres fremstillingsforløb.

Der gennemføres løbende rationalisering i produktionen, hvilket er udtrykt ved at produktionen gennemføres med en stadig højere grad af arbejdsforberedelse, og dermed relativt faldende direkte omkostninger. Virksomhedens tekniske styring og her specielt aktiviteterne i virksomhedens specifikationsflow forbruger samtidig en stigende del af de samlede arbejdskraftressourcer i forbindelse med specifikation af produkter og deres fremstillingsforløb. Samtidig udgør gennemløbstiden for specificering af en ordre en stadig stigende andel af den samlede gennemløbstid i virksomheden fra ordreindgang til levering af en dekanter.

Virksomheden finder det således relevant at analysere specifikationsaktiviteterne, og i den forbindelse undersøge mulighederne for at etablere en højere grad af arbejdsforberedelse i konstruktion og produktionsforberedelse, ved at understøtte arbejdet med at specificere produkter og deres fremstillingsforløb med IT.

4.2 PROJEKTETS ARBEJDSFORLØB

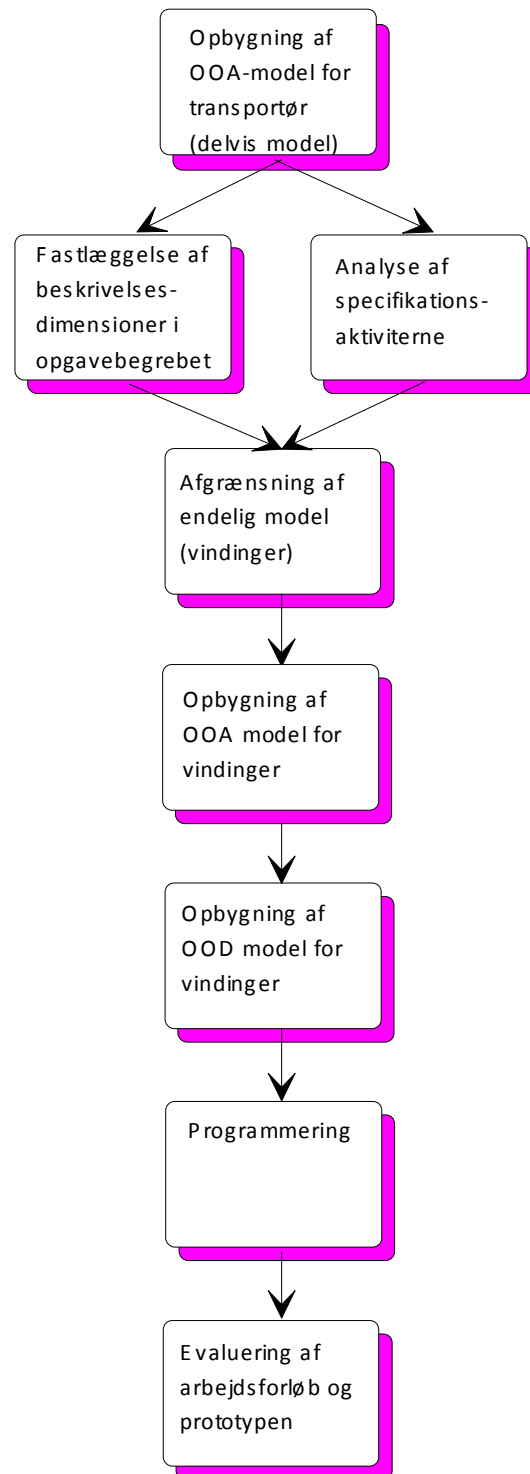
Det empiriske arbejde hos Alfa Laval Separation A/S er udført i perioden januar 1993 til januar 1994. Udgangspunktet var en hypotese om, at det er muligt at understøtte en del af aktiviteterne i konstruktion og produktionsforberedelse ved at opbygge produkt- og produktrelaterede modeller ved anvendelse af objektorienteret modellering.

Endvidere var der en hypotese om, at fastlæggelse af indhold og struktur af produkt- og produktrelaterede modeller for den givne virksomhed bl.a. er relateret til en analyse af arbejdets indhold i konstruktion og produktionsforberedelse, d.v.s. en identifikation af enslydende opgaver, der kan analyseres og beskrives entydigt, og som udføres hyppigt.

Desuden er det en forudsætning for anvendelse af produkt- og produktrelaterede modeller, at der kan identificeres en principbeskrivelse af en eller flere af virksomhedens produktfamilier.

Indledningsvis blev arbejdet afgrænset til at omfatte specifikation af transportøren med den begrundelse, at transportøren er et af de moduler, der varierer ved konstruktion af kundespecifikke dekantere. Samtidig medgår der mange ressourcer (timer) til dette specifikationsarbejde.

I nedenstående figur **Fejl! Bogmærke er ikke defineret.** er vist forløbet ved det empiriske arbejde, der i hovedtræk følger forløbet formuleret ved *fremgangsmåden* vist i figur 53. Dog er der, specielt i fase 1 og 2, nogen afvigelse ved forløbet af det empiriske arbejde i forhold til hypotesens *fremgangsmåde*, primært fordi det specifikke indhold i disse faser først er fastlagt i forbindelse med det empiriske arbejde.



Figur 65. Forløbet af det empiriske arbejde hos Alfa Laval Separation.

Med det formål at indlære den objektorienterede modelleringsteknik, og få et mere detaljeret indblik i virksomhedens produkter, blev projektet indledt med at opbygge en OOA model af hele transportøren. Modellen omfatter kun den informationsmæssige synsvinkel, d.v.s. en fastlæggelse af objekter og deres beskrivelses- (knows) attributter (svarende til indholdet i en IDEF1-informationsmodel).

I næste fase er der arbejdet med at fastlægge, hvilke elementer i transportøren, der skal modelleres, samt hvilke arbejdsrutiner i konstruktion og produktionsforberedelse, der skal understøttes. I denne fase er der desuden arbejdet med at identificere hvilke beskrivelsesdimensioner, der skal medtages i produkt- og metodespecifikationsopgaven, set ud fra en arbejdsforberedelsessynsvinkel.

Resultatet heraf er en yderligere afgrænsning af indholdet i modellen, der, som følge af arbejdet med at analysere produkt- og metodespecifikationsopgaven, er afgrænset til at omfatte specifikation af tegning, styklister og routings for vindinger, der er en af de komponenter, der indgår i transportøren.

Efter analyse af produkt- og metodespecifikationsopgaven, og den deraf følgende afgrænsning af modelleringsarbejdet, er der gennemført et forløb med opbygning af OOA-model, OOD-model og programmering, svarende til forløbet vist i afsnit 2.2.4, 3.4 og 3.5. I forbindelse med analyse af produkt- og metodespecifikationsopgaven og som grundlag for opbygning af OOA-modellen er der desuden, for at få indblik i systemets nuværende virkemåde, udarbejdet en IDEF0 analyse (AS IS), der beskriver det nuværende arbejdsforløb ved specifikation af vindinger og deres routings.

Arbejdet med modellering er udført i et samarbejde med Ph.D.-studerende Geir Arngrimsson, Driftsteknisk Institut, der deltog i den indledende modellering af hele transportøren og bidrog med viden om objektorienteret modellering og Ph.D.-studerende Niels Henrik Mortensen, Instituttet for Konstruktionsteknik, der deltog i arbejdet med modellering af vindinger og bidrog med viden om konstruktionsstøttesystemer.

Modelleringsarbejdet er udført med udgangspunkt i udleveret materiale (f.eks. tegningsmateriale, routings og diverse formler for beregning af f.eks. vindingsssegmenter og tidsforbrug i produktionen), og arbejdet er baseret på en række interviews af medarbejdere fra konstruktion og produktionsforberedelse. De opbyggede modeller er løbende evalueret i dialog med medarbejdere (domæneeksperter) fra konstruktion og produktionsforberedelse.

Afsluttende er der foretaget en evaluering af arbejdsforløbet og den opbyggede prototype for understøtning af arbejdet med specifikation af vindinger og deres routings. Resultatet af det empiriske arbejde er dokumenteret i en virksomhedsorienteret rapport [Hvam og Mortensen, 59], der bl.a. indeholder den detaljerede OOA-model for specifikation af vindinger og deres fremstillingsforløb.

4.3 PRODUKT- OG METODESPECIFIKATIONSOPGAVEN

I dette afsnit præsenteres Alfa-Laval Separations produkt- og metodespecifikationsopgave. Gennem analyse af beskrivelsesdimensionerne i produkt- og metodespecifikationsopgaven vil jeg, jævnfør afsnit 2.5 og 3.3.2, prøve at besvare:

- Er produktmodellering relevant for Alfa-Laval Separation ?

- Hvilke produktdele, produkttegenskaber og relationsegenskaber skal modellerne i givet fald indeholde ?
- Hvordan skal modellerne struktureres ?

Nedenstående er beskrivelsesdimensionerne i Alfa Laval Separations produkt- og metode-specifikationsopgave formuleret. De enkelte beskrivelsesdimensioner er beskrevet ud fra en overordnet vurdering, og der er kun i mindre omfang udført detailanalyser af de enkelte punkter. I analysearbejdet er der fokuseret på de produktfamilier, der er karakteriseret ved transportører med den såkaldte Esbjerg-krop, der udgør 80-90% af det totale antal transportører.

KRITISKE MÅL:

De kritiske mål er reduktion af gennemløbstid og ressourceforbrug.

Gennemløbstiden (fra ordreindgang i konstruktion til færdig produktionsgrundlag i produktionsforberedelsen), der i dag er ca. 1 måned, ønskes reduceret.

Ressourceforbrug ved specifikation af en transportør-variant er gennemsnitligt ca. 60 timer. Dette ønskes reduceret.

RESSOURCEFORBRUG:

Der er ikke udført en detaljeret analyse af ressourceforbruget for specificering af produkter og produktionsmetoder. Umiddelbart er der identificeret to områder hvor der bruges mange ressourcer på hyppigt forekommende enslydende opgaver; nemlig ved specificering af transportører og deres routings, samt ved specificering af gavle og deres cnc-kode.

Ressourceforbruget ved specifikation af transportøren er, som nævnt, gennemsnitligt ca. 60 timer. Heraf forbruges hovedparten ved specifikation af vindinger.

Specifikation af transportøren omfatter opbygning af tegning, stykliste, routing, indkøbsgrundlag, operationsvejledning, opstillingsvejledning og cnc-programmer.

Ressourceforbruget for de enkelte specifikationsopgaver er ikke fastlagt i detaljer. Hovedparten af ressourcerne anvendes, som nævnt, ved opbygning af vindingssegmenttabel og routings for fremstilling af vindinger.

HYPPIGHED:

Der produceres totalt ca. 325 dekantere pr år, heraf 80-90% med Esbjerg-krop.

Hyppigheden for specifikation varierer for de forskellige dele i dekanteren.

F.eks. er hyppigheden for specifikation af vindinger på transportører med Esbjerg-krop 50-100 gange pr år, mens hyppigheden for specifikation af cylindrisk rør ved transportøren er 1 gang hvert andet år.

ANALYSERBARHED OG KOMPLEKSITET AF SPECIFIKATIONERNE:

Produkt (funktionelt):

Dekanterens funktion specificeres ved: medie, der skal separeres, mængde pr tidsenhed, renhed af tørstof/ væske, m.v.. Strukturelle produktparametre dikteres direkte af salgsorganisationen på grundlag af kundens behov. Derfor analyseres produktets funktionelle egenskaber ikke nærmere i denne sammenhæng. Men der er næppe tvivl om, at specielt en nærmere specifikation /beskrivelse af f.eks. mediet, der skal separeres vil blive meget kompleks - og måske umulig.

Produkt (strukturelt):

Dekanteren består af modulerne stativ, kar, hoveddrift, transportørdrift, gear, lejer, gavl og transportør.

De enkelte moduler har varierende kompleksitet, og eksempelvis er de fleste komponenter i drive-linien indkøbte dele, mens delene i transportøren er egenfremstillede. Det er primært modulerne transportør, gavle og kar, der varierer efter kundespecifikke ønsker.

Produktion (metodespecifikation):

Produktionen er opdelt i produktionsgrupper efter dekanterens moduler.

Produktionsforløb (routingkompleks) i eksempelvis transportørgruppen er veldefineret, idet der findes overkomplet routings (d.v.s. en afbildning af den del af det samlede routingkompleks, der er relevant for den givne komponent) for forskellige typer af transportører og form-ler for beregning af det tilhørende tidsforbrug.

Sammenfatning af analyserbarhed og kompleksitet:

Variation i dekanteren fremkommer hovedsageligt ved gavle, konisk kugleskal (kar) og transportør. Ved transportøren er det vindinger og delene i indløbszonen, der varierer. Der findes regler (beregningsformler) for specificering af vindinger og opbygning af routings.

MAPNING:

Mapning betegner relationen mellem funktionel og strukturel produktbeskrivelse og videre til metodebeskrivelsen.

I reoleksemplet (se kapitel 3) er der en simpel mapning fra strukturel produktbeskrivelse til metodebeskrivelse, idet valg af operationssted og beregning af operationstidens længde foretages ud fra den strukturelle produktbeskrivelse.

Ved vindinger kan der tilsvarende findes en mapning mellem den strukturelle beskrivelse af vindinger og beskrivelse af produktionsmetoder (metodespecifikation), idet routing og tidsforbrug fastlægges ud fra produktspecifikationer. Der er ikke arbejdet med, og dermed heller ikke fundet nogen, mapning mellem produktets funktion og dets strukturelle opbygning. Men

som tidligere nævnt vil denne formentlig blive meget kompleks og måske kan der ikke findes generelle regler for denne mapning fra funktionel til strukturel produktbeskrivelse.

STABILITET:

Alfa-Laval Separation venter fortsat (i de kommende 2 til 5 år) at producere vandret liggende dekantere efter det nuværende produktkoncept (stabilt produktkoncept).

Der er i samme periode ikke planlagt større ændringer vedr. den grundlæggende anvendelse af produktionsteknologi. Der er dog planer om indkøb af et bearbejdningscenter til erstatning af de nuværende drejebænke og fræsere.

FRIHEDSGRADER:

Med frihedsgrader menes de (mindre) ændringer i produktet og produktionssystemet, som en eventuel model af produkt- og metodespecifikationer skal kunne håndtere.

Et eksempel herpå er angivelse af snit for vindingernes ydre kontur, hvor der p.t. anvendes et eller to snit, men samtidig er der forventning om, at vindingernes kontur fremover skal specificeres v.h.a. flere snit. Her skal modellen fremtidssikres ved at kunne håndtere flere snit.

Et andet eksempel er ved modellering af produktionsmetoder, hvor modellen skal kunne håndtere anvendelsen af et bearbejdningscenter i stedet for de nuværende drejebænke og fræsere.

SAMMENFATNING OG AFGRÆNSNING:

Med udgangspunkt i ovenstående beskrivelsesdimensioner kan resultatet af analysen af produkt- og metodespecifikationsopgaven sammenfattes til:

Variation i dekanteren, i den nævnte produktserie med Esbjerg-krop, fremkommer hovedsageligt ved gavle, konisk kugleskal og transportør. Ved transportøren er det vindinger og delene i indløbszonen, der varierer.

Umiddelbart kan der identificeres to områder, hvor der udføres enslydende specifikationsopgaver med stort ressourceforbrug og hyppighed, nemlig ved specifikation af gavle og deres cnc-kode, samt ved specifikation af vindinger og deres routings.

Interessant for nærmere analyse er således specifikation af gavle og deres cnc-kode, samt specifikation af vindinger og deres routings. I forbindelse med kompleksitet af specifikationer findes allerede overkomplet routing for vindingernes fremstillingsforløb incl. formler for beregning af tidsforbrug, ligesom der findes en mapning fra vindingernes strukturelle beskrivelse til fastlæggelse af produktionsforløb, idet opbygning af routings kan udledes af vindingernes specifikationer.

Det videre arbejde afgrænses til vindingerne. Modellen skal således omfatte specifikation af vindinger på transportøren (tegning og stykliste), samt udarbejdelse af routings.

Der skal således opbygges en produktmodel på komponentniveau, der omfatter vindinger, samt en produktionsmodel (fabriksmodel), der indeholder viden og information for opbygning af routings. De to modeller skal indeholde generiske beskrivelser af vindinger og deres fremstillingsforløb (se figur 49).

4.3.1 MODELLENS FORMÅL, SYNSVINKEL OG KONTEKST

Med baggrund i resultatet fra analysen af produkt- og metodespecifikationsopgaven kan formål, synsvinkel og kontekst for modellen sammenfattes ved:

Formål:

Modellens formål er at understøtte konstruktion og produktionsforberedelse af vindinger på transportøren. Der skal opbygges en OOA-model, der kan danne baggrund for opbygning af en applikation, der indeholder den nødvendige viden og information for specifikation af vindinger og deres fremstillingsforløb.

Synsvinkel:

Synsvinklen ved opbygning af OOA-modellen er domæneeksperternes, d.v.s. konstruktør og produktionsforbereder. Der modelleres generelle regler for opbygning af vindinger, således at modellen ikke blot er et katalog over tidligere konstruktioner, men indeholder den nødvendige viden for specifikation af nye varianter af vindinger indenfor det givne løsningsrum, idet der tages hensyn til de ønskede frihedsgrader.

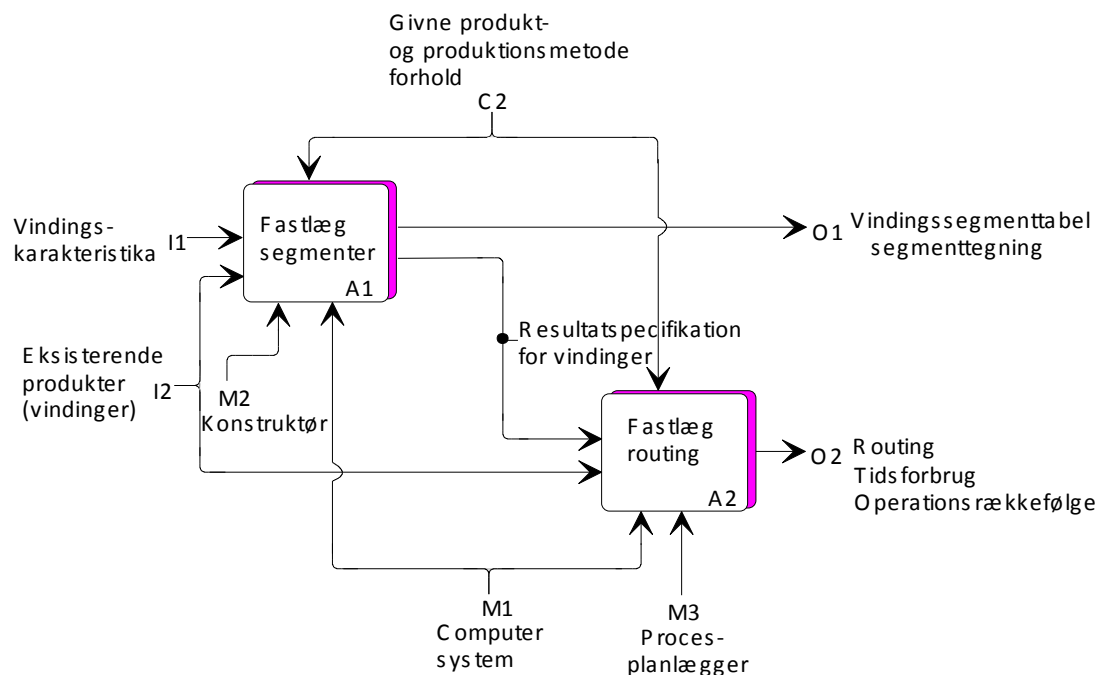
Kontekst:

Modellens kontekst er specifikation af vindinger på transportøren. Modellen omfatter transportører med den såkaldte Esbjerg-krop. Modellen understøtter opbygning af tegning, stykliste, og routings for vindinger i de nævnte produktserier, d.v.s. den samlede model omfatter en produktmodel for vindinger på komponentniveau og en produktionsmodel, der omfatter viden og information for generering af routings, svarende til Krauses fabriksmodel (se afsnit 2.3.3).

4.4 OPBYGNING AF OOA MODEL

4.4.1 PRÆSENTATION AF DOMÆNET

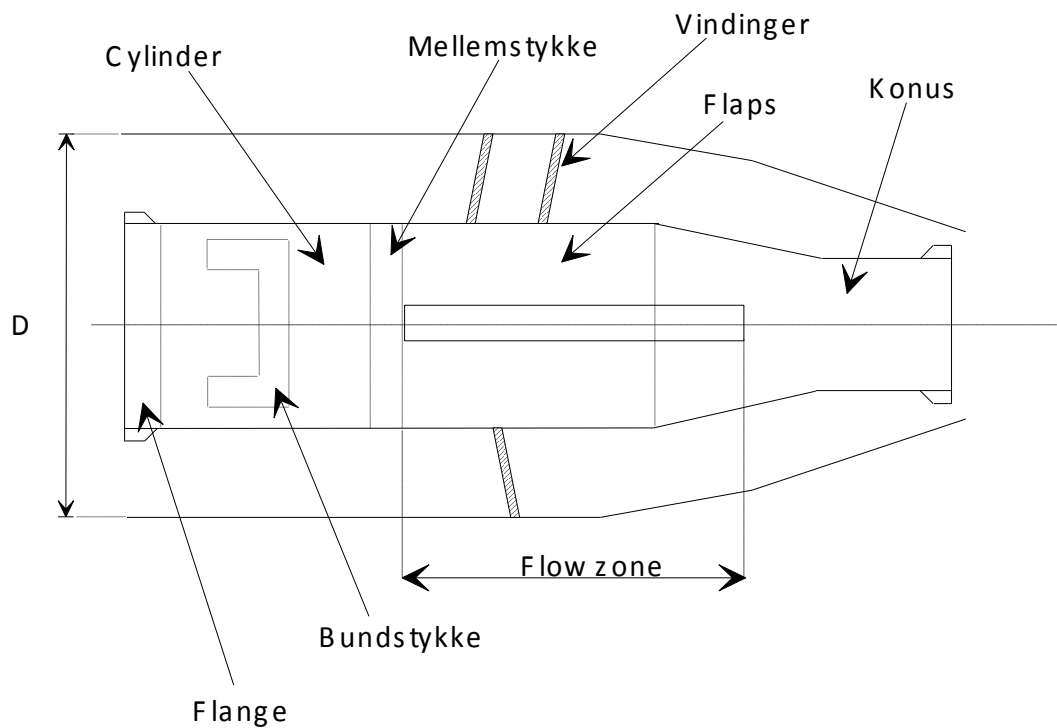
Med udgangspunkt i ovenstående afgrænsning er der opbygget en OOA model, der indeholder viden og information relateret til specifikation af vindinger og deres routings. OOA-modellen danner baggrund for opbygning af en EDB-applikation, der kan understøtte arbejdet med specifikation af vindinger og deres routings i konstruktion og produktionsforberedelse. Den opgave, som systemet skal løse i samspil med konstruktør og produktionsforbereder, er vist i nedenstående IDEF0-model i figur 66.



Figur 66. Den samlede opgave, som systemet skal løse i samspil med konstruktør og produktionsforbereder.

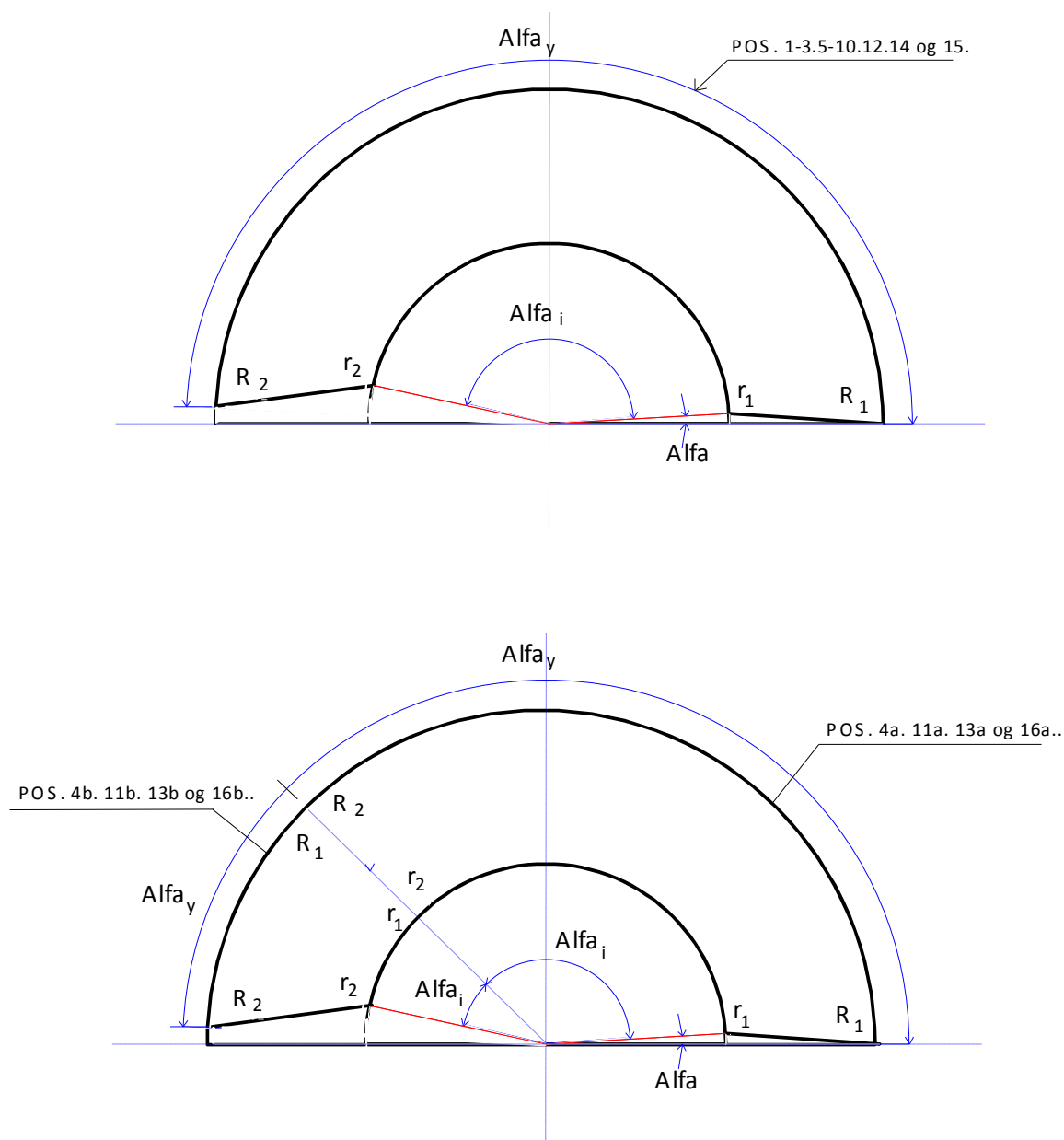
EDB-systemet skal ud fra en beskrivelse (vindingskarakteristika) af vindingerne på transportøren (beskrevet ved indre og ydre profil ved transportøren, stigning, hårdbelægning o.s.v.) generere specifikationer af de enkelte vindingssegmenter, samt tegninger og routings.

I nedenstående figur **Fejl! Bogmærke er ikke defineret.** er vist en skitse af hele transportøren, der består af transportørkrop, der er sammensat af en række dele, der er standard for de forskellige produktvarianter, samt vindinger, der varierer i forhold til de enkelte kundevarianter. Variationen ved transportøren fremkommer hovedsageligt ved vindinger og ved forskellig hårdbelægning i indløbszonen (flaps).



Figur 67. Transportør.

Modellen er, som nævnt, afgrænset til at skulle omfatte vindingerne, der er sammensat af et antal vindingsssegmenter vist i nedenstående figur 68. De enkelte vindingsssegmenters geometri er beskrevet ved radier (henholdsvis, r_1 , r_2 , R_1 , og R_2) og vinkler (henholdsvis α , α_I og α_Y).



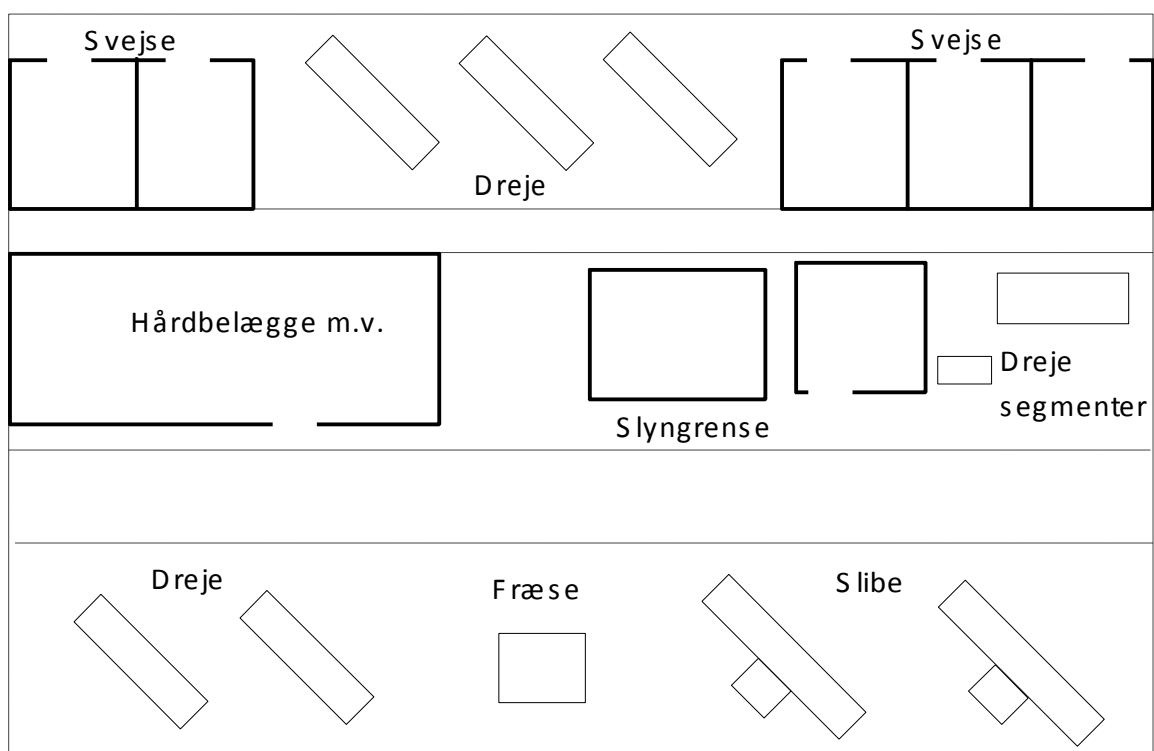
Figur 68. Vindingssegmenter.

Vindingssegmenternes ydre geometri beregnes ud fra en angivelse af henholdsvis vindingernes ydre profil og transportørens profil (se figur **Fejl! Bogmærke er ikke defineret.**). Hvor der er et knæk i konturen ved enten transportørkroppen eller den ydre kontur, er det pågældende

segment specificeret ved to sæt af geometribeskrivelser henholdsvis før og efter knækket. De to beskrivelser er på den nederste segmenttegning, vist på figur 68, benævnt henholdsvis a og b.

Udover geometribeskrivelsen er vindinger beskrevet ved materiale, samt eventuel hårdbelægning (coating) eller tiles. Tiles er nogle små hårdmetalplatter, der loddes eller nittes yderst på vindingerne for derved at øge slidstyrken.

Produktionen er, som tidligere nævnt, opdelt i produktionsgrupper svarende til modulerne i dekanteren. Transportørgruppen er sammensat af operationssteder for fremstilling af transportøren og omfatter operationssteder for drejning, fræsning, slibning, svejsning, slyngrensning, samt hårdbelægning (coating) og montering af tiles. I nedenstående figur 69 er vist en skitse af transportørgruppens layout.



Figur 69. Transportørgruppens layout.

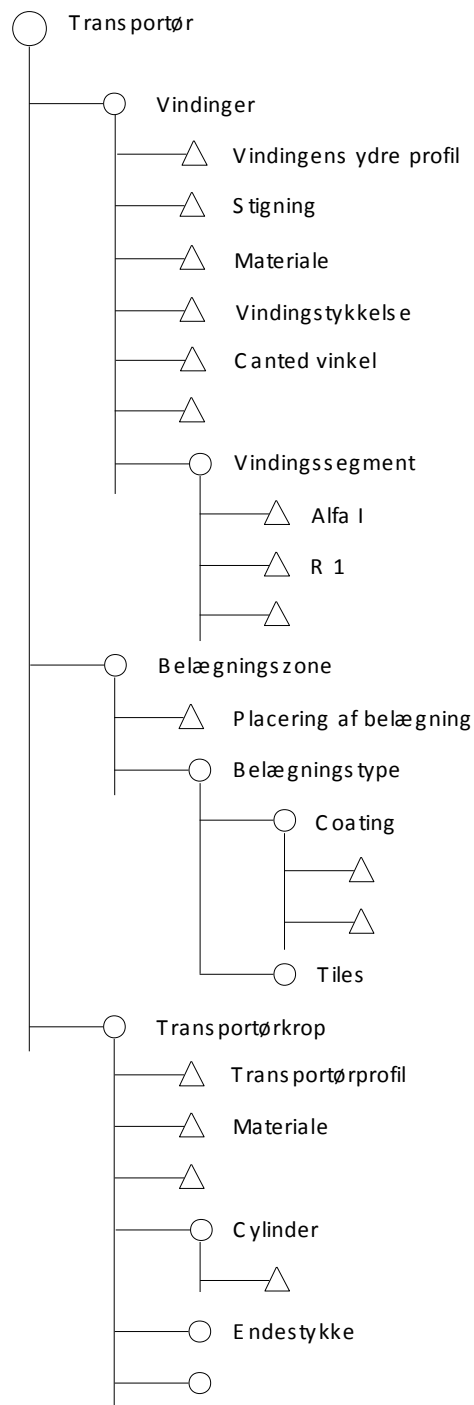
Operationsforløbet omfatter bearbejdning af de enkelte dele i transportørkroppen; cylinder, bundstykke, flaps o.s.v., sammensvejsning af transportørkroppen og efterfølgende drejning, slibning og slyngrensning. Vindingssegmenterne flammeskæres, presses op og svejses på transportørkroppen, hvorefter der gennemføres drejning, slibning, overfladebehandling (coating eller tiles) og polering af segmenter og evt. øvrige dele af transportøren. Der anvendes underleverandører ved nogle operationer f.eks. flammeskæring af vindinger.

Dette projekt er afgrænset til at omfatte operationsforløbet relateret til vindinger, d.v.s. flammeskæring og presning af vindingssegmenter, samt påsvejsning af vindingssegmenter på transportørkroppen og de efterfølgende operationer med slibning, hårdbelægning o.s.v.

Operationsrækkefølgen er relativt ensartet og veldefineret, idet den primært er afhængig af den valgte hårdbelægning og typen af tiles. Desuden findes en række formler for beregning af tidsforbrug ved de enkelte operationer. Tidsforbruget beregnes med udgangspunkt i karakteristika for vindinger; geometri, materiale, samt hårdbelægning (coating og tiles).

4.4.2 IDENTIFIKATION AF FEATURES

Som udgangspunkt for opbygning af OOA-modellen kan det være nyttigt at identificere de features, der beskriver domænet - i dette tilfælde vindinger og deres routings. I det følgende er features inddelt i tre hovedgrupper; features der beskriver produktet, features der beskriver produktionssystemet, samt features der beskriver produktets møde med produktionssystemet (her kaldet features for beskrivelse af operationssekvens). I nedenstående figur 70 er vist et udsnit af en feature, der beskriver vindinger (produktfeature).



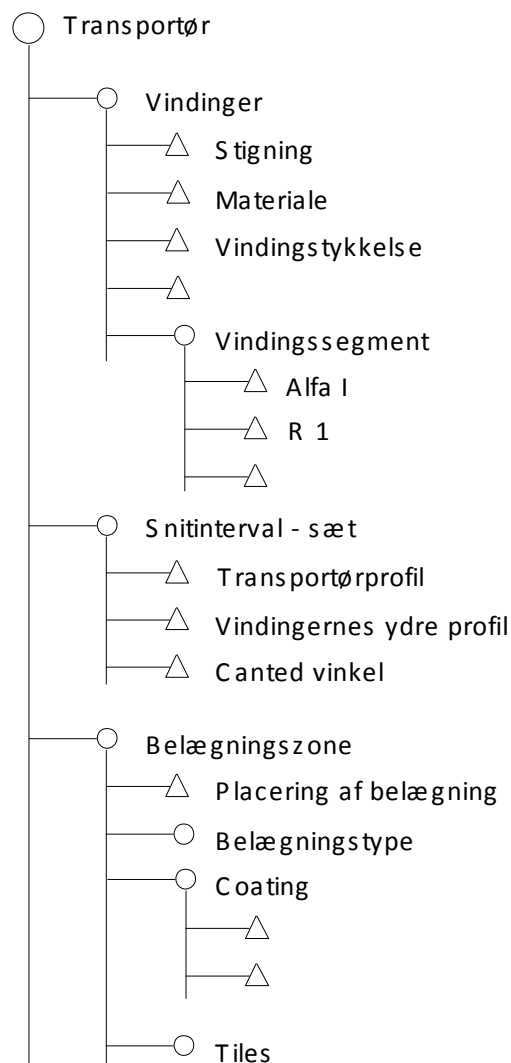
Figur 70. Feature, der beskriver vindinger som komponent på transportøren.

Ved afbildningen er det valgt at skelne mellem elementer, der indgår i den samlede feature (typen "består af"), der er symboliseret ved en cirkel, og elementer, der beskriver de enkelte elementer i den samlede feature (typen "beskriver"), der er symboliseret ved en trekant.

Vindinger er her opfattet som en komponent, der indgår i transportøren. Vindinger er således dels beskrevet ved de enkelte segmenters geometri, materiale m.v., og dels ved vindingernes samlede geometri, der er relateret til øvrige komponenter på transportøren. F.eks. kan

vindingernes indre kontur, der bruges ved beregning af de enkelte vindingssegmenters vinkler og radier (se figur 68), findes ved transportørkroppens kontur.

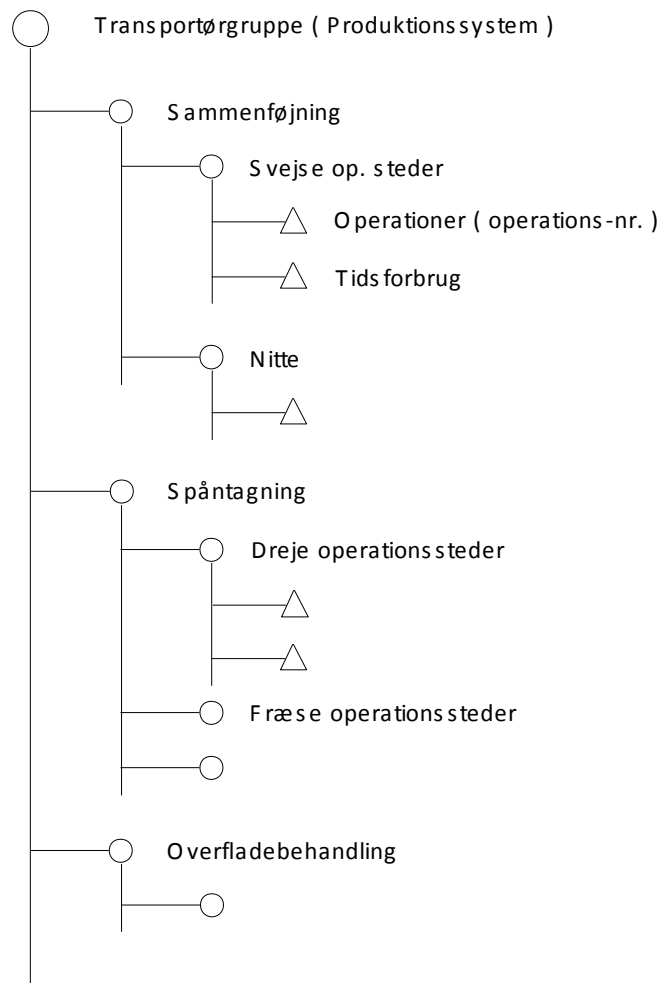
Da modellen er afgrænset til kun at omfatte vindinger, er der foretaget en omskrivning af de beskrivelselementer, der er tilknyttet øvrige komponenter på transportøren, idet disse er samlet under "snitintervalsæt", der indeholder beskrivelse af vindingernes indre og ydre kontur, samt vindingernes hældning i forhold til transportørens centerlinje (canted vinkel). I nedenstående figur 71 er vist et udsnit af den resulterende feature, der indeholder alle nødvendige oplysninger for selvstændigt at kunne specificere vindinger.



Figur 71. Feature, der beskriver vindinger isoleret.

Feature for beskrivelse af vindinger indeholder elementerne; vindinger, snitintervalsæt og belægningszone. Det bemærkes at elementet belægningszone, der er en del af den samlede beskrivelse af transportøren er taget med, da denne fastlægger vindingernes belægning.

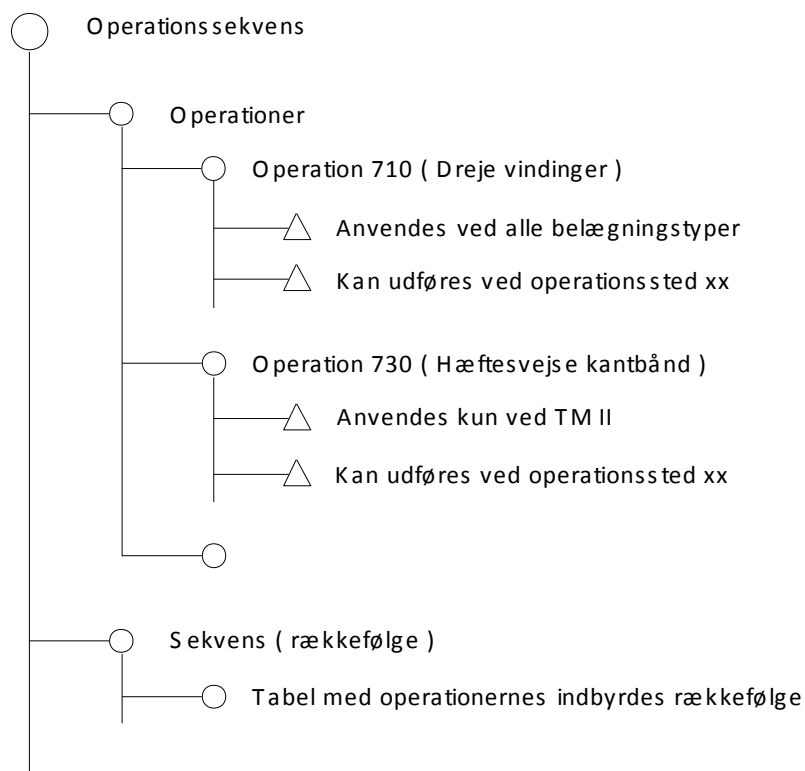
Produktionssystemet for fremstilling af vindinger omfatter, som nævnt, transportørgruppen. I nedenstående figur 72 er vist et udsnit af en feature for beskrivelse af produktionssystemet.



Figur 72. Feature, der beskriver produktionssystemet.

De forskellige operationssteder i transportørgruppen er her grupperet efter hovedgrupper af processer, svarende til DIN-standarden [DIN8580, 35 og 36] for klassifikation af processer. De enkelte operationssteder (eller grupper af operationssteder) indeholder dels en beskrivelse af deres karakteristika, og dels en identifikation af de operationer, der kan udføres på det pågældende operationssted, med formler for beregning af det tilhørende tidsforbrug.

For at kunne kombinere produkt- og produktionsfeatures er der i nedenstående figur 73 vist et udsnit af en feature, der beskriver vindingernes operationssekvens i transportørgruppen. Den viste feature kan opfattes som en feature, der beskriver produktets møde med produktionssystemet, svarende til "blank" featuren vist i [Kristensen og Andreasen, 83], der viser forløbet ved gennemførelse af en drejeoperation.



Figur 73. Feature, der beskriver operationssekvens.

Operationssekvensfeaturen indeholder dels en liste over operationerne i transportørgruppen, med regler for ved hvilke produkttyper operationen skal udføres, og dels en fastlæggelse af operationernes sekvens (indbyrdes rækkefølge).

Elementerne i produktions- og operationssekvensfeatures er samlet i produktionsdelen i den objektorienterede model, svarende til indholdet i Krauses fabriksmodel (se afsnit 2.3.3.1). Mens elementerne i produktfeaturen er samlet i produktmodellen.

4.4.3 PRODUKTMODEL

I forbindelse med opbygning af en OOA model, der indeholder viden og information for specificering af vindinger og deres fremstillingsforløb (routings), er, som nævnt i afsnit 4.3.1, anvendt en opdeling af modellen svarende til den struktur, der iøvrigt anvendes ved opbygning af produkt- og produktrelaterede modeller beskrevet i afsnit 2.3.

Med den valgte afgrænsning omfatter den samlede OOA model kun en lille del af de totale referencemodeller omtalt i afsnit 2.3, der f.eks. omfatter beskrivelse af produktet beskrevet ved organer og funktioner, beskrivelse af de enkelte processer i produktionen (f.eks. operationsvejledning og cnc kode), informationer relateret til produktets anvendelse o.s.v.

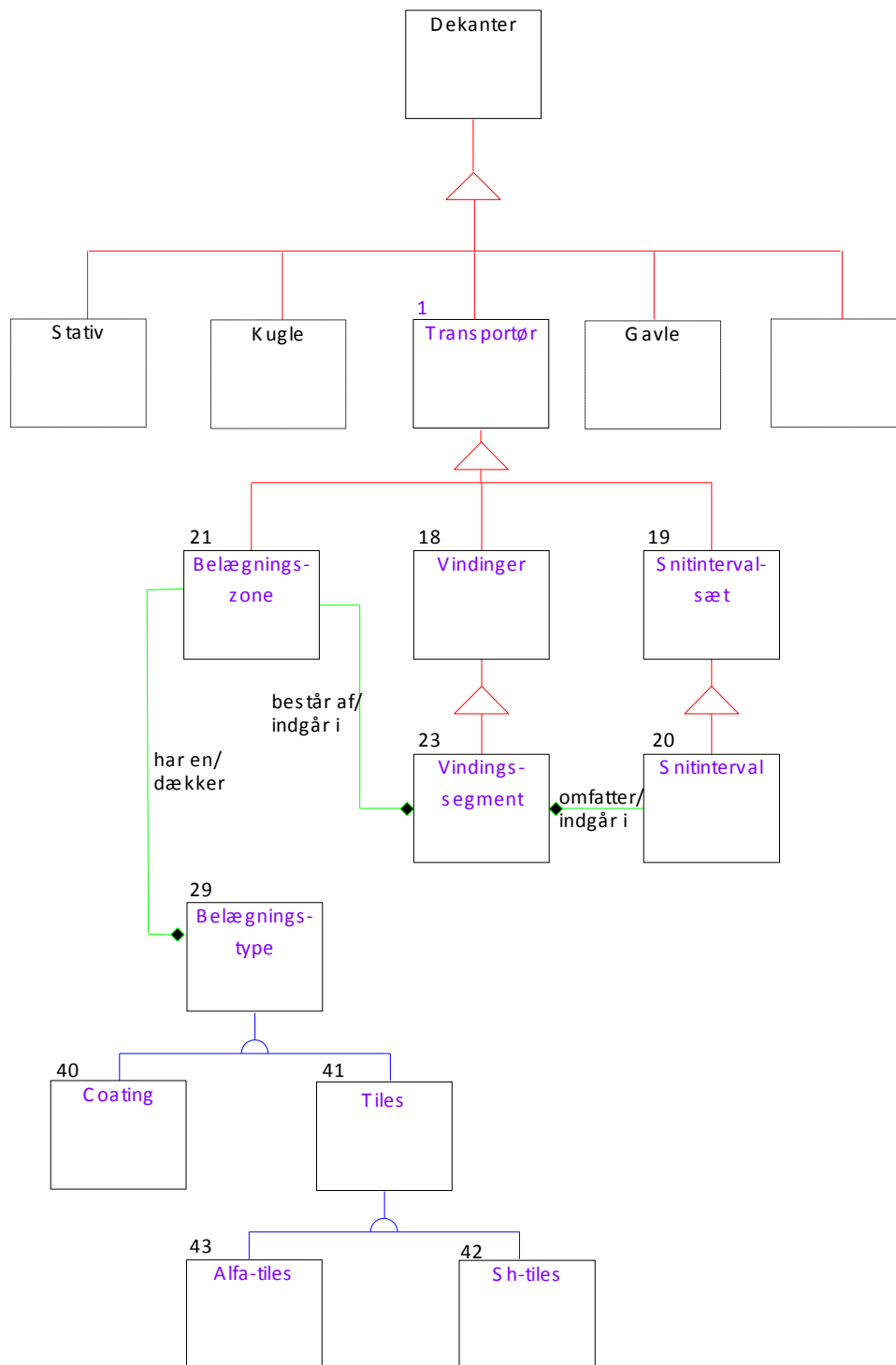
Ved opbygning af OOA modellen følges dog stadig samme opdeling som vist i de omtalte referencemodeller. Den samlede OOA model er således opdelt i en produktmodel, der indeholder en beskrivelse af vindinger som komponent betragtet (komponentmodel), samt en produktions-

model (svarende til fabriksmodel hos [Krause, 82]), der indeholder regler for valg af operationsrækkefølge og beregning af tidsforbrug ved de enkelte operationer. De detaljerede modeller er opbygget med udgangspunkt i de identificerede features.

Produktmodellen for vindinger er opbygget som vist i figur 74. Modellen består af dels et helhed-del hierarki, idet belægningszone-, vindings- og snitinterval-sæt- objekterne er en del af et helhed-del hierarki under transportør-objektet, og dels et generaliserings-specialiserings hierarki, der omfatter belægningstype, henholdsvis coating og tiles, relateret til belægningszone-objektet.

Vindinger er opbygget af vindingssegmenter, hvis geometri beskrives ved anvendelse af såkaldte snitintervaller, modelleret i objekt 19 og 20. Et snitinterval er samhörørende værdier af vinklen af vindingernes ydre kontur, transportørvinkel, samt canted vinkel for et givet interval på transportøren. Canted vinkel angiver vindingssegmenternes hældning i forhold til transportørens længdeakse. Snitinterval - sæt objektet (nr 20) indeholder viden og information om samtlige snitintervaller på transportøren.

Transportøren er på tilsvarende måde inddelt i belægningszoner (endzone, indløbszone og konuszone), der hver har en bestemt belægningstype, der kan være coating (hårdbelægning) eller tiles. Tiles er yderligere inddelt i typerne Alfa-tiles og SH-tiles.



Figur 74. Produktmodel for vindinger.

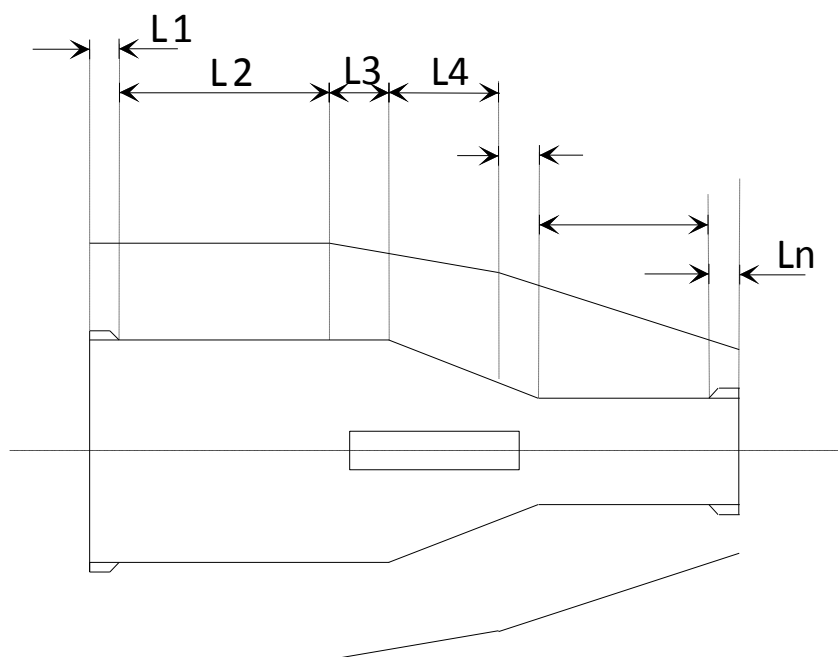
De enkelte kasser på figuren er objekter, der indeholder en beskrivelse af objektets tilstand (knows) og de procedurer objektet er i stand til at udføre (does). Der er anvendt samme notation som præsenteret i afsnit 3.4, svarende til objektet vist i figur 63.

Name: Snitinterval-sæt		No: 19
List of superclasses:		
List of subclasses:		
List of superparts: Transportør (No:1)		
List of subparts: Snitinterval (No: 20)		
Responsibilities		Collaborations
Knows: Identifikation Vindingens ydre profil [LK _i , KV _i] Transportørprofil [LT _j TV _j] Canted vinkel [LC _k , CV _k]		
Does: Indlæs vindingens ydre profil, transportørprofil, canted vinkel Check $\Sigma LK_i = LT$ Check $\Sigma LT_j = LT$ Check $\Sigma LC_k = LT$ Check $L > 0$ og alle vinkler $< 90^\circ$ Dan snitintervaller [Nr, Længde, Akkumuleret længde] Beregn antal tiles, svejselængde og længde af vindingens ydre kontur: (Se bilag 2)		Operationssted (104)

Figur 75. Objekt nr 19, Snitintervalsæt.

I ovenstående figur **Fejl! Bogmærke er ikke defineret.** er vist snitinterval-sæt objektet (nr 19), der, med udgangspunkt i vindin-gernes ydre profil, transportørprofil og canted vinkel, danner snitintervaller på transportøren. og beregner antal tiles, svejselængde og længde af vindingens ydre kontur. Formler for bereg-ning er vist i bilag 2.

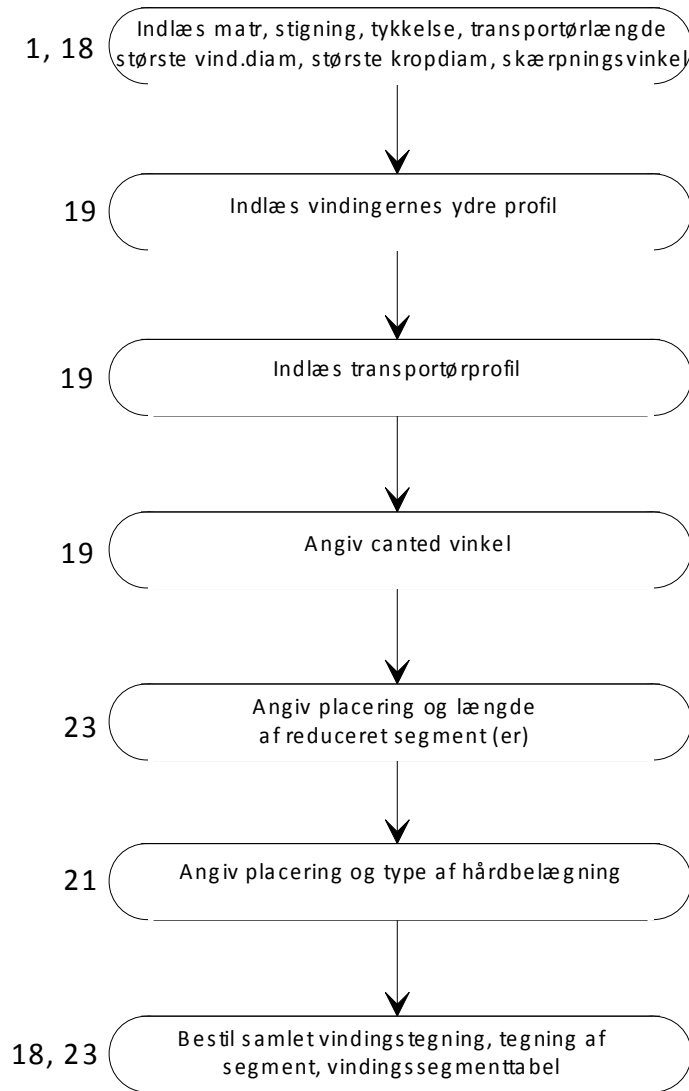
Objekter kan også indeholde grafik. I nedenstående figur 76 er vist en grafisk angivelse af snitintervaller på transportøren. Figuren er en del af objekt 19 og er taget med for at øge model-lens kommunikationsværdi.



Figur 76. Grafisk angivelse af snitintervaller.

Figuren viser hvorledes der dannes et nyt snitinterval, hver gang der er forekommer et knæk ved vindingernes ydre profil eller transportørkroppen.

Modellens dynamiske synsvinkel er beskrevet ved anvendelse af diagrammer, der viser forløbet ved anvendelse af modellen. I nedenstående figur 77 er eksempelvis vist forløbet ved indlæs-ning af data til modellen. Ved de enkelte trin i modellen er det anført hvilke objekter, der kom-munikerer med.

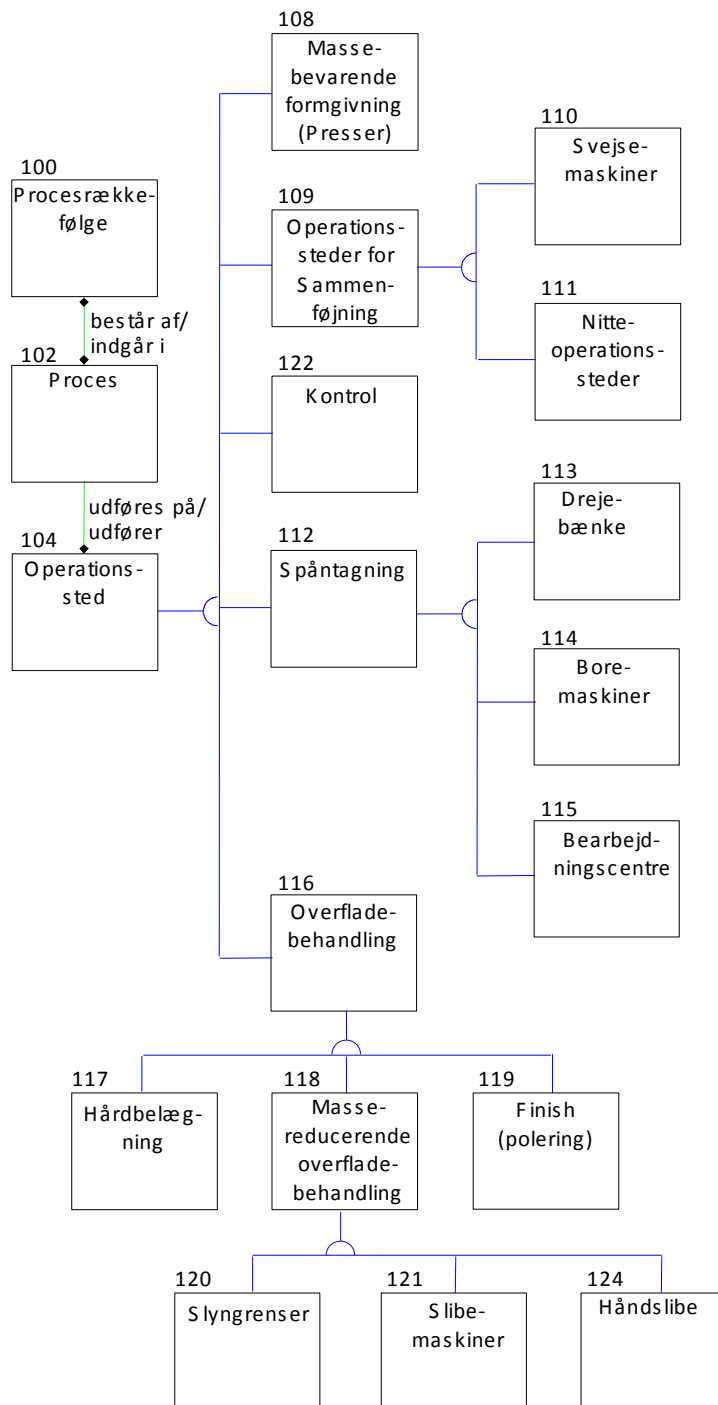


Figur 77. Beskrivelse af forløbet ved inddata til modellen.

Modellens inddata er uddybende beskrevet i afsnit 4.7. Angivelse af placering og længde af reduceret segment(er) er affødt af, at de indlæste vindingsskarakteristika sjældent giver et helt antal segmenter på transportøren, hvorfor det er nødvendigt at angive, hvor reducerede segmenter ønskes placeret. Reducerede segmenter er segmenter hvor αY og αI er mindre end 180 grader (se figur 68).

4.4.4 PRODUKTIONSMODEL

Produktionsmodellen indeholder, som tidligere nævnt, viden og information for opbygning af routings, d.v.s. at modellen indeholder procedurer for generering af operationsrækkefølge og beregning af tidsforbrug ved de enkelte operationssteder, svarende til indholdet af de identificerede produktionsfeatures (se figur 72 og 73). Produktionsmodellen er vist i nedenstående figur 78.



Figur 78. Produktionsmodel for vindinger.

Procesrækkefølge-objektet (nr 100) indeholder regler for fastlæggelse af sekvens af fremstillingsprocesser. Sekvensen af fremstillingsprocesser bestemmes ud fra vindingernes karakteristika, der er beskrevet i produktmodellen, f.eks. hårdbelægningstype, eller største vindingens diameter.

Proces-objektet (nr 102) indeholder relationer mellem fremstillingsprocesser og operationssteder, d.v.s. en angivelse af hvilke operationssteder, der kan udføre en given fremstillings-

proces. Operationssted-objektet (nr 104) er et samleobjekt for de enkelte operationsstedsobjekter, der er repræsenteret ved et generaliserings- specialiseringshierarki. De enkelte operationssteder er grupperet efter procestype, svarende standard for klassificering af processer beskrevet i [DIN 8580, 35 og 36].

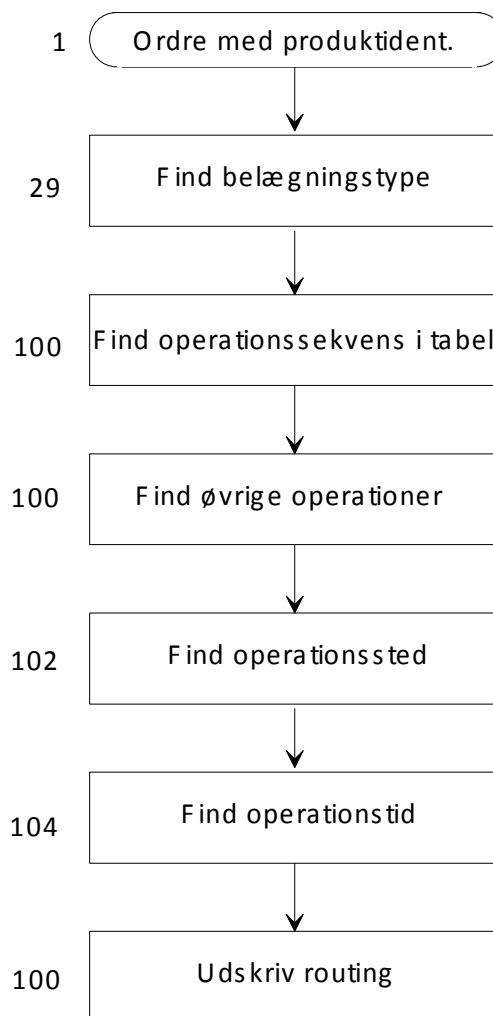
I nedenstående figur 79 er vist et eksempel på et objekt i produktionsmodellen. Figuren viser svejsemaskine-objektet, der indeholder procedurer for beregning af operationstider ved svejsemaskiner. De forskellige typer af operationer, der udføres ved gruppen af svejsemaskiner, er angivet ved et operationsnummer, der fastlægges ved objekt 100 og 102.

Name: Svejsemaskiner		No: 110
List of superclasses: Operationssteder for sammenføjning (No: 109)		
List of subclasses:		
List of superparts:		
List of subparts:		
Responsibilities		Collaborations
Knows: Identifikation Svejsemetode Max svejsehastighed Strømstyrke Spænding Tilsatsmateriale		
Does: Find tidsforbrug [Op.nr, Tidsberegning] 670, Bilag 680, Bilag 730, Tid = 0,152 [time / meter] * HB længde [meter] 800, Tid = 3,00 timer 930, Tid = Fast tid + Variabel tid Fast tid = 1,00 [time] AL-tiles: Variabel tid = 0,085 [time / stk] * Antal tiles SH-tiles: Variabel tid = 0,145 [time / stk] * Antal tiles		No. 19

Figur 79. Objekt med procedurer for beregning af tidsforbrug (svejsemaskiner, nr 110).

Kompleksiteten af procedurer for beregning af tidsforbrug varierer meget. Ved operation 800 er operationstiden fast for alle typer af transportører, ved operation 930 er operationstiden relateret til typen af tiles, ved operation 730 beregnes tidsforbruget v.h.a. hårdbelægningslængden (HB længden), der findes ved at beregne længden af vindingens ydre kontur (se bilag 2) i det interval, hvor der skal være hårdbelægning. Formler for beregninger af tidsforbrug ved operation 670 og 680 er mere komplekse og derfor angivet i separate bilag (se bilag 3).

Den dynamiske synsvinkel er beskrevet, på samme måde som ved produktmodellen, ved angivelse af diagrammer, der viser forløbet ved anvendelse af modellen. I nedenstående figur 80 er vist det overordnede forløb ved fastlæggelse af routings, den rundede kasse viser en aktivitet, der udføres i et samspil mellem operatøren og systemet, mens de rektangulære kasser viser aktiviteter, der udføres af systemet alene



Figur 80. Beskrivelse af forløbet ved fastlæggelse af routing.

Udgangspunktet er en ordre, der indeholder en beskrivelse af vindingernes karakteristika specificeret i produktmodellen.

Belægningstype aflæses i produktmodellens objekt 29.

Operationssekvensen findes v.h.a. objekt 100, dels ved opslag i tabel (under objektets knows attributter), og dels ved gennemløb af procedurer for fastlæggelse af operationer, der ikke er indeholdt i tabellen (tabellen indeholder en relation mellem hårdbelægningstype og operationssekvens).

Ved opslag i tabel i objekt 102 findes operationssted.

Via operationssted-objektet (nr 104) fastlægges tidsforbruget for de enkelte operationer.

Ovenstående forløb gentages for hver operation indtil routingen er komplet.

Med den opbyggede OOA-model er der formuleret en detaljeret beskrivelse (modellering) af forløbet (det viden- og informationsarbejde, der udføres) ved specifikation af vindinger og deres routings. I de følgende afsnit er vist, hvorledes denne beskrivelse danner baggrund for opbygning af en applikation til understøtning af dette arbejde.

4.5 OPBYGNING AF OOD MODEL

I forbindelse med design og programmering af systemet blev der igangsat et eksamensprojekt, hvis hovedsigte var at afprøve, om det var muligt for en EDB-systemudvikler, uden driftsteknisk baggrund eller indsigt i det foreliggende domæne, at udvikle en applikation på grundlag af den opbyggede OOA-model, og i den forbindelse undersøge arbejdsfordelingen mellem domæneekspert og EDB-systemudvikler.

I eksamensprojektet var det undertegnede, der førte rollen som domæneekspert, mens eksamensprojektstuderende Lars Carstensen førte rollen som EDB-systemudvikler. Indholdet i de følgende afsnit 4.5 og 4.6 er i hovedtræk refereret fra dette projekt.

I dette afsnit er beskrevet forløbet ved opbygning af en OOD model. Udgangspunktet for dette arbejde var, som nævnt, dels den opbyggede OOA model og dels en udarbejdelse af kravsspecifikation til systemet.

Det resulterende design er opbygget i et samarbejde mellem OOA modelbygger (domæneekspert) og programmør, og bygger direkte på OOA-modellen, idet denne er detaljeret med definitioner af ind- og uddata, nomenklatur, gyldighedsintervaller for variable og enheder. Desuden er der tilføjet de nødvendige objekter for opbygning af brugergrænseflader, samlet i en tredje delmodel.

Ved udarbejdelse af kravsspecifikation anvendes fremgangsmåden beskrevet i [Coad og Yourdon, 31, p. 19], hvor der angives en række forhold, der skal belyses ved formulering af en kravsspecifikation. Nedenstående er formuleret systemets kravsspecifikation [Carstensen, 21, p. 42-43]:

Brugervenlighed (ease of use):

Systemet udformes med en vinduesbaseret grænseflade. Der stilles krav om at brugeren har et kendskab til domænet svarende til, at vedkommende har erfaring med konstruktion og produktionsforberedelse af dekantere.

Pålidelighed (reliability):

Systemet skal være så pålideligt, at dets resultater kan benyttes uden efterkontrol. Konsekvenserne af fejl er i værste fald de samme som ved fejl i konstruktion og produktionsforberedelse i øvrigt, d.v.s. fremstilling af et defekt produkt.

Tilgængelighed (availability):

Systemet skal være tilgængeligt for konstruktør og produktionsforbereder. Det værste der kan ske hvis systemet går ned under en beregning er, at brugeren bliver nødt til at genstarte systemet og genindtaste de nødvendige data. Der vil ikke umiddelbart opstå fejl i eksterne systemer som en konsekvens af at systemet går ned. Systemet får mere end en bruger. De opgaver, der varetages af systemet ønskes løst ca. 50-100 gange årligt.

Vedligeholdelsesvenlighed (maintainability):

Det er afgørende at systemet er let at vedligeholde, da der løbende foretages ændringer i formler for beregning af tidsforbrug m.m. Systemet skal kunne vedligeholdes af konstruktør og produktionsforbereder (her tænkes primært på mindre ændringer i data, tabeller, beregningsformler m.v.). Der skal derfor i designet lægges vægt på at gøre det let at vedligeholde systemet. Dette kan f.eks. gøres ved at alle tabeller med data opbevares i en separat database, og der udvikles et tabelopdateringsprogram. Tilsvarende skal det være let at ændre beregningsformlerne i systemet.

Ydeevne (performance requirements):

Systemet skal kunne udføre de nødvendige beregninger mens operatøren venter, d.v.s. med en rimelig svartid. Der er ingen krav om real-tids beregninger.

Grænseflader (interfaces):

I dette projekt er der krav om at systemet skal kunne kommunikere med AutoCAD. Endvidere er der krav om, at systemet skal kunne kommunikere med virksomhedens MRP-system, der i øjeblikket er under udskiftning.

Programmelomgivelser (software environment):

Systemet vil arbejde under DOS.

Dokumentation:

Der skal udarbejdes en dokumentation (OOD-modellen), ud fra hvilken der kan foretages løbende vedligeholdelse af systemet.

Ressourcer og tidsforbrug ved systemudvikling (the quadruple constraint):

Programmeringen udføres af en person. Der er afsat højst to måneder til arbejdet.

Med udgangspunkt i OOA modellen og ovenstående kravsspecifikation opbygges systemets design ved anvendelse af de fire synsvinkler for objektorienteret design (brugergrænseflade, problemdomæne, datastyring og opgavestyring), der er gennemgået i afsnit 2.2.4.3 Den sidste synsvinkel (opgavestyring) er ikke behandlet i dette projekt, da prototypen er et enkeltstående system, der kun kan anvendes af en bruger ad gangen.

Problemomænesynsvinklen omfatter en gennemgang og korrektion af OOA-modellen efter designspecifikke kriterier. Under denne synsvinkel foretages omskrivning af enkelte objekter,

samt færdiggørelse af detaljer i modellen, f.eks. revision af nomenklatur og angivelse af værdiintervaller og enheder for variable, hvor dette mangler.

Datastyringssynsvinklen omfatter valg af databaseprincip og en beskrivelse af metoder for lagring og genfinding af systemets data, herunder en omskrivning af nogle af de tabeller, der findes i OOA-modellen for at lette systemets læsning og skrivning i tabellerne.

Problemdomæne- og datastyringssynsvinklen er ikke yderligere uddybet i denne sammenhæng. I stedet henvises til [Carstensen, 21], der behandler det mere indgående. I det følgende vil systemets brugergrænseflade blive gennemgået for derigennem at belyse systemets virkemåde.

Brugergrænseflader er i denne sammenhæng opfattet som redskaber, der benyttes når systemet og brugeren kommunikerer med hinanden. Skærbilleder, mus, tastatur, og udskrifter udgør alle dele af brugergrænsefladen. Musen anvendes som udpegningsredskab idet systemet er vinduesbaseret. Tastaturet bruges hovedsageligt til indtastning af data. Valg i menuer, åbning og lukning af vinduer m.v. kan både udføres af musen og af tastaturet. Systemets udskrifter omfatter styklister, routings og tegninger. Udskrifternes indhold og udseende fastlægges isoleret i særligt designede udskriftsobjekter, hvor der kan foretages ændringer uden at systemet iøvrigt berøres.

Skærbillederne består af en række vinduer (menuer), der løbende kan kaldes frem af brugeren. Menuerne kan flyttes og deres størrelse ændres ved anvendelse af musen, som i øvrige vinduesbaserede programmer. Med udgangspunkt i den opbyggede OOA model og kravspecifikationen er der udarbejdet en liste over de menuer systemet skal indeholde (se figur 81).

Filer

Nyt produkt	- Opret et nyt produkt
Hent produkt...	- Hent et produkt fra disk
Gem produkt	- Gem et produkt på disk
Gem et produkt som...	- Gem et produkt under et nyt navn
Slet produkt...	- Slet et produkt fra disk
Forlad	- Gå til DOS-shell
Afslut	- Afslut programmet

Produkt

Specificér...	- Skrive/ Ændre data om produkt
Vis stykliste	- Vis stykliste på skærm
Udskriv stykliste	- Udskriv stykliste på printer
Overfør til CAD	- Fremstil en fil til overførsel til CAD

Rutekort

Vis	- Vis rutekort på skærm
Udskriv	- Udskriv rutekort på printer

Vindue

Fordel	- Fliselæg vinduer på skærm
Stabel	- Stabel vinduer
Str/Flyt	- Ændre størrelse/ Flytte vinduer
Zoom	- Zoom vindue ind eller ud
Næste	- Vis næste vindue
Foregående	- Vis foregående vindue
Luk	- Luk vindue

Vedligeholdelse

HB-matrice	- Ændre i HB-matrice
Operationsstedstabeller...	- Ændre i operationsstedstabeller

Indstillinger

Farver...	- Ændre farveindstillinger på skærmen
Mus...	- Ændre musens kontrol/ display-forhold
Gem farveindstillinger	- Gem nuværende farveindstillinger
Hent farveindstillinger	- Hent gemte farveindstillinger
Information...	- Vis programinformation

Figur 81. Liste over menupunkter [Carstensen, 21, p. 48].

Menupunkterne er inddelt i logisk sammenhængende grupper, der alle har et navn. Menuerne er bygget op omkring en permanent menulinie på skærmen, der refererer til navnene på de enkelte menugrupper. I figurens højre side er givet en kort beskrivelse af menuernes funktion. I forlængelse af den opstillede liste over menupunkter er der, som en del af det samlede design, udarbejdet prototyper af skærbilleder, der herefter er evalueret af OOA-modelbygger.

Udover de nævnte synsvinkler fra [Coad og Yourdon, 31] er den dynamiske synsvinkel (programflow) behandlet ifølge [Booch, 16]. Den dynamiske synsvinkel beskriver systemets arbejdsgang. Udgangspunktet for fastlæggelse af programflow er en inddeling af det samlede program i tre dele (units):

- Konstruktionsdel (produktmodel)
- Produktionsforberedelsesdel (produktionsmodel)
- Brugergænsefladedel

De tre dele svarer til de to objektorienterede modeller, samt brugergænseflader, der i programmet er defineret som en selvstændig del. De tre programdele er yderligere opdelt i underdele (underunits). Flowet i konstruktionsdelen og produktionsforberedelsesdelen svarer til det beskrevne flow i OOA modellen.

I relation til fastlæggelse af systemets design er der foretaget en vurdering af, hvor let det vil være at rette i systemet. Konsekvenserne ved at foretage ændringer afhænger af hvilke dele af systemet, der ændres og på hvilket niveau. Nedenstående er der formuleret tre forskellige grader af ændringer:

- Dele, der let kan ændres. Dette gælder objekternes interne attributter, data og metoder, uanset hvor i hierarkiet de befinder sig.
- Dele der er besværlige at ændre efter implementeringen. Dette gælder blandt andet grænsefladerne mellem objekterne.
- Dele der skal være fastfrosset under hele systemets levetid. Dette gælder inddelingen i klasser og objekter højt oppe i nedarvningshierarkiet.

Det er således let at foretage ændringer af data og formler i de enkelte objekter, hvorimod det er mere kompliceret og arbejdskrævende at ændre relationerne mellem objekterne. Det vil sige at den grundlæggende struktur for objekterne, der fastlægges ved OOA-modelleringen, skal være vel gennemtænkt, så den kan bestå i hele systemets levetid, da en ændring heri vil medføre en ombrydning af hele programmet.

Den objektorienterede model, der er endelig færdiggjort under opbygning af OOD-modellen, udgør dokumentation for systemet, der kan anvendes både ved programmering og senere vedligeholdelse. En forudsætning for at kunne anvende den endelige OOD-model som dokumentation ved efterfølgende vedligeholdelse af systemet er, at der foretages en samtidig opdatering af OOD-model og program, hver gang der foretages en ændring.

4.6 PROGRAMMERING AF MODEL

I det følgende er beskrevet forløbet ved programmering af modellen. Programmeringen er udført på grundlag af den opbyggede OOD-model. Indledningsvis er rækkefølgen i programmeringsarbejdet fastlagt til først at omfatte programmering af brugergænseflader, derefter

programmering af konstruktionsdelen (se figur 74), og tilsidst programmering af produktionsdelen (se figur 78).

Programmet består, som nævnt, af tre enheder (units); brugergrænseflader, konstruktionsdel og produktionsdel, hvor brugergrænseflader er yderligere opdelt i en række enheder. Nedenstående er listet alle enheder i systemet:

KonsProd Er hovedmodulet i systemet.

Kons Indeholder konstruktionsdelen af systemet.
Prod Indeholder produktionsforberedelsesdelen af systemet.
Filer Indeholder punkterne i filmenuen.
Indstil Indeholder punkterne i indstillingsmenuen.
Vedligeh Indeholder punkterne i vedligeholdelsesmenuen.
Baggrund Unit til initiering af applikationens baggrund.
Konstant Unit til definition af konstanter.

Specifik Unit med vindue til specifikation af produktet.
Belaegn Unit med vindue til valg af hårdbelægningstype.
Canted Unit med vindue til indtastning af canted vinkel.
Kugle Unit med vindue til indtastning af data om kugle (ydre vindingsprofil).
ReduSegm Unit med vindue til specifikation af reducerede segmenter.
Trans Unit med vindue til indtastning af data om transportøren.

I nedenstående figur 82 er vist sammenhængen mellem de forskellige enheder i systemet.



Figur 82. Sammenhængen mellem enheder (units) i systemet
 [Carstensen, 21, p. 67].

Pilene på figuren markerer hvordan de forskellige enheder bliver sat sammen, når programmet oversættes. Udover de viste enheder anvendes desuden forskellige standardenheder fra programmeringssproget TurboPascal, der indeholder rutiner for indstilling af farver, teksteditor, rutiner for meddelelser på skærmen, samt standardrutiner til brugerdialoger.

I forbindelse med opbygning af OOD-modellen er der, som nævnt, foretaget en identifikation af systemets ind- og uddata, benævnelse (nomenklatur) for data, samt en fastlæggelse af gyldighedsintervaller og enheder. Definitioner af ind- og uddata er programmeret i brugergrænsefladeobjekterne, der således checker, at f.eks. de værdier der indtastes ligger indenfor de fastlagte intervaller.

Det skal i den forbindelse nævnes, at de fastlagte definitioner er lette at ændre, da det kun vil være nødvendigt at ændre i brugergrænsefladeobjekterne, og eventuelt et enkelt objekt i konstruktions- eller produktionsforberedelsesmodellen. I nedenstående figur 83 og 84 er vist eksempler på specifikation af inddata og uddata.

Navn	Betegnelse	Format	Gyldighedsinterval
Transprotørlængde	LT	0000,0 mm	0 - 9999,9 mm
Vindingstykkel	T	0000,0 mm	0 - 9999,9 mm
SkærpningsvinkelVs		00000 °	0 - 999
Notater	Notater	Char x 300	0 =< længde =< 300

Figur 83. Eksempler på specifikation af inddata [Carstensen, 21, p. 70].

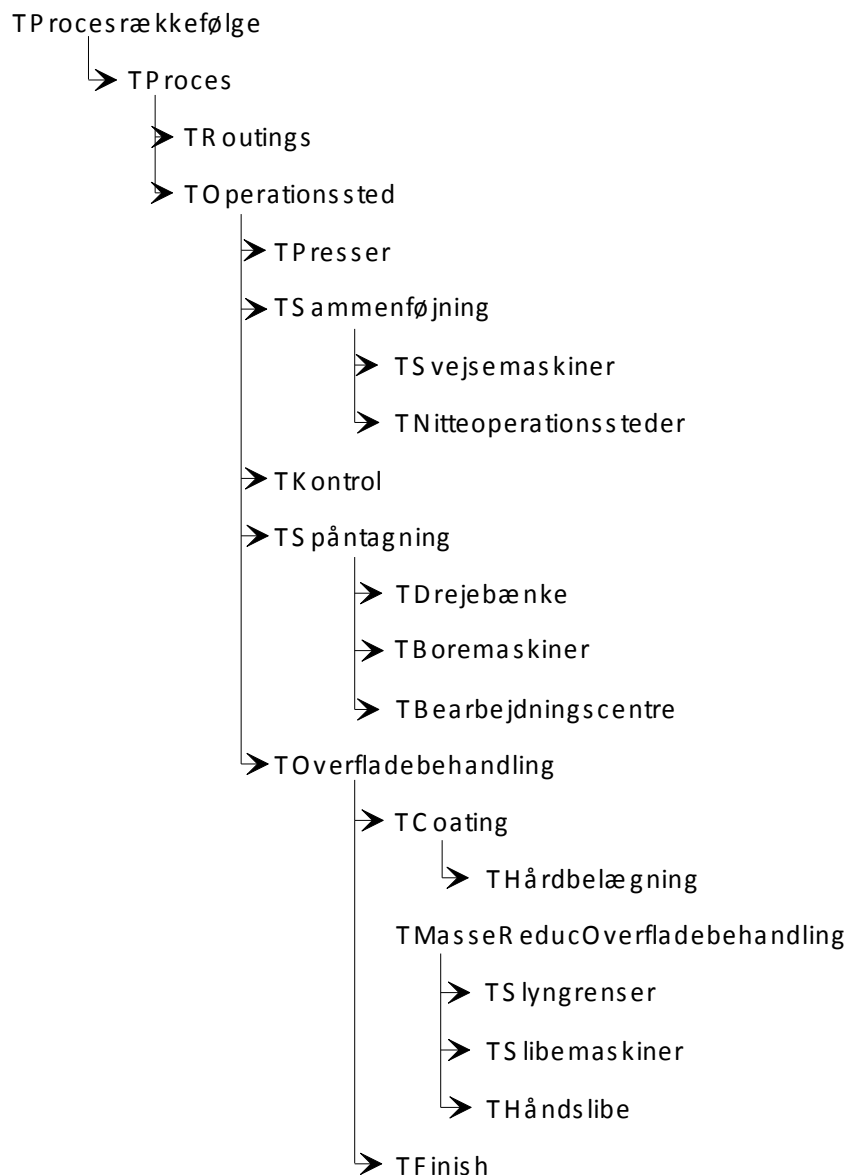
Navn	Betegnelse	Format	Gyldighedsinterval
Segmentlængde	Z	0000 mm	0 - 9999
Ydre radius	RY	000,0 mm	0 - 999,9
Alfa Y	Alfa Y	000,0 °	0 - 999,9
Alfa I	Alfa I	000,0 °	0 - 999,9
Alfa	Alfa	00,00 °	-99,99 - 99,99
Operationstid	Tid	00,0 timer	0 < Tid =< 99,9
Operationssted	OpSted	Char x 30	0 < længde =< 30

Figur 84. Eksempler på specifikation af uddata [Carstensen, 21, p. 70].

Figurene angiver dataelementets navn og den betegnelse dataelementet har i programmet. Desuden angives dataelementets format (f.eks. talværdier med angivelse af cifre og decimaler, eller et antal tegn (char), der kan være både tal og bogstaver), samt gyldighedsinterval for dataelementet.

F.eks. har dataelementet *Segmentlængde* i programmet betegnelsen Z. Formatet af Z er et heltal bestående af fire cifre og enheden er millimeter, gyldighedsintervallet for Z er 0 til 9999 mm. Formatet *Char x 30* ved dataelementet *operationssted* betyder, at de pågældende data består af op til 30 vilkårlige tegn (bogstaver og tal).

I programmet genfindes indenfor de enkelte programenheder (units) objekterne fra den objekt-orienterede model. I nedenstående figur 85 er vist strukturen i produktionsforberedelsesdelen.



Figur 85. Programstruktur i produktionsforberedelsesdelen
[Carstensen, 21, p. 75].

Programstrukturen for produktionsforberedelsesdelen svarer til strukturen vist i OOA-modellen figur 78. Det skal bemærkes, at der er indføjet et routingsobjekt, idet procesrækkefølgeobjektet i programmet er opdelt i to objekter (routings og procesrækkefølge). I programmet anvendes iøvrigt samme nedarvningshierarki, som vist i OOA-modellen.

4.7 PRÆSENTATION AF SYSTEMET

I dette afsnit vil jeg kort præsentere det resulterende system for specifikation af vindinger og deres routings. Systemet er, som nævnt, programmeret i TurboPascal og kører på en almindelig PC (386). Systemets arbejdsforløb er, som vist i afsnit 4.4, beskrevet ved:

1. Operatøren indtaster vindingskarakteristika.
2. Operatøren bestiller de ønskede specifikationer, stykliste (vindingssegmenttabel), tegning eller routing.
3. Systemet genererer de ønskede specifikationer, der dels vises på skærmen og dels kan leveres som udskrift.

Vindingssegmenttabel og routings genereres ved anvendelse af viden og informationer modeleret i produkt- og produktionsmodellen (se figur 74 og 78). Tegninger genereres ved at data fra produktmodellen overføres til AutoCAD, hvor der er opbygget en makro (et lille program i autoCAD), der, ud fra de listede produktspecifikationer, genererer tegninger af de enkelte vindingssegmenter og eventuelt også af vindingerne på transportøren.

I nedenstående figur **Fejl! Bogmærke er ikke defineret.** er vist skærbilledet for indtastning af vindingskarakteristika. Udover den viste menu findes en permanent menulinie (hovedmenu) på skærmen, svarende til hoved-gruppen af menuer vist i figur 81. Menuen for specifikation af produkt fremkommer ved under hovedmenuen at pege på "Produkt", og under produktmenuen pege på "Specificer".

Specifikation af produkt

Operatørinitialer	Inc.	Transportørlængde	2017.0	mm
Konstruktionsdato	02-01-1994	Største kropdiameter	254	mm
Identifikation	NX 438	Største vindingsdiam.	472.0	mm
Transportørtegning	6121.1985-80	Vindingstykkelser	6	mm
Segmentsættegning	6123.2446-80	Stigning	96	mm
		Skærpningsvinkel	0	mm

Kugleprofil

Transportørprofil

Canted vinkel

Reducerede segmenter

Hårdbelægning : TM 21

Valg

Segmentmateriale : Sort jern

Notater :
Prøveberegning. De indtastede værdier svarer til den udleverede vindingsberegning

OK

AFBRYD

Figur 86. Menu for specifikation af produkt.

Menuen indeholder felter for indtastning af data for identifikation af produkt og operatør. Løvrigt specificeres produktet ved:

Transportørlængde: Længden i mm fra lille ende til store ende.

Største kropdiameter: Transportørkroppens største diameter [mm].

Største vindingsdiameter: Største diameter af vindingernes ydre kontur [mm].

Vindingstykkelse: Vindingernes tykkelse [mm].

Stigning: Vindingernes stigning [mm/omdrejning].

Skærpningsvinkel: Vindingernes skærpningsvinkel [grader] (vindingerne skærpes af hensyn til svejseprocessen).

Kugleprofil angiver samhörørende værdier af længder og kuglevinkler, der definerer vindingernes ydre kontur, og tilsvarende for transportør- og canted profil. I nedenstående figur **Fejl! Bogmærke er ikke defineret.** er vist menu for indlæsning af transportørprofil.

Transportørprofil	
Længde [mm]	Vinkel [°]
Længde [mm]	Vinkel [°]
> 37 <	> 0 <
14.1	45
1467	0
338.3	5
166	0
Transportørlængde	2017.0
Total profil længde	2017.0
Mindste diameter	175.1
Tilføj	Erstat
OK	Slet
	Afbryd

Figur 87. Menu for specifikation af transportørprofil.

Menuen fremkommer ved med musen at klikke på feltet "Transportørprofil" i ovenstående menu for specifikation af produkt. Transportørens profil defineres ved at indtaste et antal "liniestykker", der er defineret ved en længde og en vinkel. De indtastede værdier kontrolleres

bl.a. ved at sammenholde transportørlængde indtastet i den foregående menu med den resulterende længde af de indtastede værdier. Desuden beregnes transportørens mindste diameter.

De øvrige undermenuer, vist på figur **Fejl! Bogmærke er ikke defineret.** kaldes frem på tilsvarende måde. I materialemenuen specificeres vindingssegmentmateriale ved at vælge mellem mulige materialeangivelser.

Menuen "Reducerede segmenter" anvendes hvor de indtastede vindingskarakteristika ikke giver et helt antal segmenter. I denne menu er der mulighed for at angive hvor "reducerede" segmenter ønskes placeret d.v.s. segmenter hvor Alfa Y og Alfa I er mindre end 180 grader, se figur 68. Alternativt kan den "ekstra" segmentdel afskæres efter opsvejsning af vindinger.

Menuen for valg af hårdbelægning er vist i nedenstående figur **Fejl! Bogmærke er ikke defineret.**

Valg af hårdbelægning

Ny belægning:

TM 11

Belægninger:

SL Tile

SH Tile

TM 00

⇒ TM 11 ⇐

TM 21

TM 41

	Fra [mm]	Til [mm]	Belægningstype
Endezone :	0,0	0,0	
Indløbszone :	0,0	0,0	
Konuszone :	0,0	0,0	

OK Afbryd

Figur 88. Menu for valg af hårdbelægning.

I menuen fastlægges placering af hårdbelægning ved at referere til henholdsvis indløbs-, ende- og konuszone på transportøren, samt de forskellige typer af hårdbelægning, der kan vælges (coating eller tiles). Der kan vælges én eller ingen (TMOO) hårdbelægning til hver zone på transportøren.

Efter at have indtastet vindingskarakteristika kan der bestilles en vindingssegmenttabel eller en routing. Vindingssegmenttabellen genereres ved på hovedmenuen (se figur 81) at pege på feltet "Produkt", og derunder pege på "Vis stykliste". I nedenstående figur 89 er vist indholdet af vindingssegmenttabellen.

Nummer	Interval	Z	RY	RI	KV	TV	Canted	Alfa Y	Alfa I	Alfa	r1	R1	r2	R2
1a	0- 37	37	238.5	127.0	0.0	0.0	0.0	138.0	137.8	0.12	128.8	240.3	128.8	240.3
1b	37- 47	10	238.5	127.0	0.0	45.0	0.0	37.3	35.9	0.68	119.0	240.5	128.8	240.3
27 x 2	47-1343	1296	238.5	117.0	0.0	0.0	0.0	178.9	178.5	0.18	119.0	240.5	119.0	240.5
3	1343-1370	27	238.5	117.0	0.0	0.0	5.0	179.4	179.6	-0.12	117.5	239.5	117.5	239.5
4a	1370-1391	21	238.5	117.0	0.0	0.0	10.0	77.7	78.1	-0.21	119.0	242.4	119.0	242.4
4b	1391-1418	27	238.5	117.0	10.0	0.0	10.0	103.7	100.4	0.98	119.0	225.4	119.0	229.7
5	1418-1466	48	233.7	117.0	10.0	0.0	10.0	184.1	178.5	1.23	119.0	217.7	119.0	225.4
6a	1466-1491	25	225.3	117.0	10.0	0.0	10.0	95.8	93.0	1.03	119.0	213.6	119.0	217.7
6b	1491-1514	23	220.9	117.0	10.0	5.0	10.0	88.1	84.8	1.15	117.0	209.8	119.0	213.6
7	1514-1562	48	216.8	115.0	10.0	5.0	10.0	183.7	175.2	1.51	112.9	201.8	117.0	209.8
8	1562-1610	48	208.3	110.8	10.0	5.0	10.0	183.6	175.0	1.53	108.8	193.8	112.9	201.8
9	1610-1658	48	199.9	106.6	10.0	5.0	10.0	183.5	174.7	1.54	104.7	185.8	108.8	193.8
10	1658-1706	48	191.4	102.4	10.0	5.0	10.0	183.3	174.5	1.55	100.6	177.8	104.7	185.8
11	1706-1754	48	183.0	98.2	10.0	5.0	10.0	183.1	174.1	1.57	96.5	169.8	100.6	177.8
12	1754-1802	48	174.5	94.0	10.0	5.0	10.0	182.9	173.8	1.58	92.4	161.9	96.5	169.8
13a	1802-1828	26	166.0	89.8	10.0	5.0	10.0	99.0	94.9	1.31	90.2	157.6	92.4	161.9
13b	1828-1850	22	161.4	87.5	10.0	0.0	10.0	83.7	81.3	1.04	90.2	154.0	90.2	157.6
14	1850-1898	48	157.6	87.5	10.0	0.0	10.0	182.2	177.3	1.48	90.2	146.3	90.2	154.0
15	1898-1946	48	149.1	87.5	10.0	0.0	10.0	181.7	177.3	1.63	90.2	138.6	90.2	146.3
16	1946-1994	48	140.6	87.5	8.5	0.0	10.0	157.7	177.3	-2.42	90.2	151.1	90.2	160.6
Eksakt masse :			114.8 kg											
Omskrevet masse:			154.1 kg											

Figur 89. Udskrift af vindingssgmenttabel.

Hver linie i tabellen specificerer et segment eller segmentelement. De enkelte segmenter er fort-løbende nummereret. Ved ændringer i den indre eller ydre kontur er segmentet delt op i to elementer a og b, som vist på figur 68. Z angiver den intervallængde på transportøren som segmentet eller segmentelementet spænder over. Segmenternes radier og vinkler (Alfa Y, Alfa I, Alfa, r1, R1, r2 og R2) er beregnet ved hjælp af formler i vindingssgmentobjektet. Alle længder er angivet i millimeter.

Desuden er der foretaget en beregning af vindingssgmenternes samlede masse, der dels er beregnet som en eksakt masse, d.v.s. massen af de udskårne segmenter, og dels en "omskrevet masse", d.v.s. en beregning af massen, hvor der anvendes vindingssgmenternes omskrevne areal. Beregning af segmenternes masse er tilføjet efter at modellen og programmet ellers var færdiggjort, efter ønske fra Alfa Laval Separation, idet man ønskede at kende segmenternes masse ved beordring hos underleverandøren. Det skal i den forbindelse bemærkes, at det er let at tilføje sådanne beregningsprocedurer, da vindingssgmenternes geometridata m.v. allerede er defineret i systemet.

Routing genereres ved på hovedmenuen at vælge "Rutekort", og derefter "Vis". I nedenstående figur 90 er vist en udskrift af en routing.

Operator: lnc
Dato : 02-01-1994

Identifikation : NX 438
Transportørtegning : 6121.1985-80
Segmentsættegning : 6123.2446-80

Transportørlængde : 2017.0 mm
Største kropdiameter : 254 mm
Største vindingsdiameter: 472.0 mm
Vindingstykkelse : 6 mm
Stigning : 96 mm
Skærpningsvinkel : 0 °

Hårdbelægning : TM 21
Hårdbelægning : Stooddy 85 Masse: 1.76 kg
Hårdbelægning : Elastodur Masse: 0.63 kg
Hårdbelægningslængde : 4193 mm
Svejselængde : 46307 mm
Antal tiles : 0

	Fra [mm]	Til [mm]	Belægning
Endezone	: 0.0	1400.0	TM00
Indløbszone	: 1400.0	1700.0	TM21
Konuszone	: 1700.0	2017.0	TM00

Segmentmateriale : Sort jern

Notater:
Prøveberegning. De indtastede værdier svarer
til den udleverede vindingsberegning.

Operation	Nr	Tid	Operationssted
Skærpe Segmenter	520	2.4	Håndslibe
Optrykke Segmenter	530	3.8	Presser
Tilpas, hæft vind.	670	9.1	Svejsmaskiner
SV Vindinger	680	6.8	Svejsmaskiner
Slibe HB ved indløb	690	2.0	Håndslibe
DR vind. mærk med nr.	710	6.8	Drejebænke
AG håndslib før HB	720	1.5	Håndslibe
Pålæg elastodur	740	2.2	Hårdbelægning
SR efter kantbelægn.	770	0.3	Slyngrenser
HB trykside	780	0.5	Hårdbelægning
SR efter HB trykside	820	0.3	Slyngrenser
Renseslib. eft. HB & SR	830	0.3	Håndslibe
Dreje for brille	850	3.0	Drejebænke
Bore & gevindskære for brille	860	2.5	Boremaskiner
DR lejeender	880	6.8	Drejebænke
BO GS lejeender	890	2.5	Drejebænke
Rundslibe - Snit	910	9.5	Slibemaskiner

Figur 90. Udskrift af routing.

Routing opbygges ved anvendelse af regler og procedurer modelleret i produktionsmodellen (se figur 78). Routing indeholder en ordnet liste (i rækkefølge) over de operationer, der skal udføres ved fremstilling af vindinger. Ved hver operation er anført operationssted, samt det beregnede tidsforbrug (angivet i timer). I tilknytning til routing er der vist en identifikation af vindinger, samt de tilhørende vindingskarakteristika. Desuden er der foretaget en beregning af massen af hårdbelægningsmateriale.

Der kan genereres tegninger af vindingssegmenter m.v. ved at overføre de nødvendige data fra vindingssegmenttabel og de indlæste vindingskarakteristika til AutoCAD. Dette gøres ved på hovedmenuen (se figur 81) at pege på "Produkt" og derefter "Overfør til CAD".

4.8 SAMMENFATNING AF EMPIRI

I dette afsnit vil jeg foretage en sammenfatning og vurdering af det forløb der er gennemført i det empiriske arbejde hos Alfa Laval Separation A/S, samt den opbyggede produkt- og produktionsmodel, der er det synlige resultat af arbejdsforløbet. Desuden vil jeg diskutere perspektiverne ved at anvende produkt- og produktrelaterede modeller hos Alfa Laval Separation A/S, herunder hvordan det videre arbejde rent praktisk kan organiseres og gennemføres.

Projektets udgangspunkt var et ønske om at understøtte nogle af aktiviteterne i konstruktion og produktionsforberedelse med informationsteknologi for derigennem at opnå et reduceret ressourceforbrug, et hurtigere gennemløb og en øget integration mellem de to funktionsområder.

4.8.1 PRODUKT- OG METODESPECIFIKATIONSOPGAVEN

Det empiriske arbejde har i hovedtræk fulgt et forløb svarende til fremgangsmåden formuleret i projektets hypotese i kapitel 3, dog har der i de to første faser, med analyse af produkt- og metodespecifikationsopgaven og fastlæggelse af systemets indhold og struktur, været nogen afvigelse, primært fordi det eksakte indhold i disse faser er udledt gennem det empiriske arbejde. I det følgende vil jeg kommentere arbejdet i de to første faser.

Et afgørende aspekt ved opbygning af produkt- og produktrelaterede modeller er fastlæggelse af modellernes indhold og struktur i den enkelte specifikke virksomhed. Som tidligere nævnt, har jeg ikke fundet teori, der kan lede frem til indhold og struktur af en model i en given virksomhed. For at nå frem til en afgrænsning af arbejdet, er begrebet produkt- og metodespecifikationsopgaven introduceret. Produkt- og metodespecifikationsopgaven søger, ud fra den overordnede arbejdsforberedelsessynsvinkel og herunder en strategisk, teknisk, og driftsøkonomisk synsvinkel, at identificere arbejdsrutiner i konstruktion og produktionsforberedelse, hvor der er mulighed for at opnå en gevinst, ved at understøtte arbejdet med informationsteknologi.

De enkelte beskrivelsesdimensioner i produkt- og metodespecifikationsopgaven er, som nævnt, udledt og præciseret gennem projektets forløb, således at Alfa-Laval Separation's opgave formuleret i afsnit 4.3 er udledt samtidig med at teorigrundlaget er opbygget (se afsnit 1.2 og afsnit 4.2). Den formulerede opgave kan derfor ikke anses for at være fuldt dækkende for Alfa Laval Separation, f.eks. er beskrivelsesdimensionen *ressourceforbrug og hyppighed af enslygnende opgaver* fastlagt ud fra en overordnet vurdering af ressourceforbruget, primært i produktionsforberedelsen.

Med udgangspunkt i det nuværende opgavebegreb, ville en mere korrekt fremgangsmåde være at foretage et egentligt arbejdsstudie (as is) af de aktiviteter, der udføres i konstruktion og produktionsforberedelse, for derved at få et mere retvisende billede af hvor ressourcerne forbruges. I den forbindelse skal det bemærkes, at arbejdsrutinerne, som nævnt i afsnit 3.3.2, i dette

projekt, primært er klassificeret efter arbejdets resultat. Der er ikke i projektet foretaget detail-analyser for at evaluere denne antagelse.

På det foreliggende grundlag peger opgavebegrebet på to områder; specifikation af vindinger og deres routings, samt specifikation af gavle og deres cnc-kode, hvor anvendelse af produkt- og produktrelaterede modeller synes relevant ud fra en økonomisk synsvinkel og realistisk ud fra en teknisk synsvinkel. Disse indsatsområder er fastlagt ud fra en vurdering af aktiviteterne i produktionsforberedelsen, mens aktiviteterne i konstruktionsafdelingen kun i mindre grad er behandlet.

Det empiriske arbejde har således bidraget til formulering af dele af hypotesen. Først og fremmest har udledning af det specifikke indhold af produkt- og metodespecifikationsopgaven været interessant, da en forståelse af elementerne i opgavebegrebet er en forudsætning for optimalt at kunne anvende teorien for opbygning af produkt- og produktrelaterede modeller i den enkelte specifikke virksomhed.

4.8.2 FREMGANGSMÅDEN

Den samlede hypotese omfatter, som nævnt, en fuldstændig fremgangsmåde, der omfatter hele projektforløbet fra analyse af opgaven til programmering og implementering af de endelige produkt- og produktrelaterede modeller. De senere faser (fase 3 til 7) følger, som nævnt, i hovedtræk den gængse teori knyttet til den objektorienterede projektlivscyklus.

I forbindelse med opbygning af produkt- og produktrelaterede modeller er anvendt metoder for objektorienteret analyse og design, hvilket har vist sig at gøre arbejdet med programmering af modellen væsentligt lettere. Det kom således i nogen grad bag på mig, at det var muligt for projektstuderende Lars Carstensen (der ikke er driftstekniker eller har erfaring fra produktionsverdenen), i løbet af ca. halvanden måned, at opbygge en applikation i Turbopascal ud fra den opbyggede objektorienterede model.

Overgangen fra analyse (OOA-model) til design (OOD-model) har vist sig at være lettet væsentligt, da objekterne fra OOA-modellen alle genbruges direkte i OOD-modellen, hvor der foretages en detaljering af objekterne og tilføjes enkelte nye objekter.

Sammenfattende må det konkluderes, at det har været muligt at gennemføre hele projektforløbet fra formulering af opgaven til programmering af modellen med et overskueligt ressourceforbrug. I nedenstående figur 91 er vist det anvendte tidsforbrug ved de enkelte aktiviteter i projektforløbet.

Aktivitet	Tidsforbrug
Fastlægge produkt- og metodespecifikationsopgaven	80 timer
Fastlægge produkt- og produktrelaterede modellers indhold og struktur	40 timer
Udarbejde OOA-model (objektorienteret analyse)	300 timer
Udarbejde OOD-model (objektorienteret design)	40 timer
Programmering (Turbopascal og AutoCAD)	250 timer
Implementering og uddannelse af brugere (indkøring af system)	
Vedligeholdelse af system	

Figur 91. Tidsforbrug ved opbygning af model og prototype.

Tiden for fastlæggelse af produkt- og metodespecifikationsopgaven er et groft skøn, da der, som nævnt, sideløbende hermed er arbejdet med at opbygge teori for området. Da prototypen ikke er implementeret i organisationen, er der ikke anvendt tid til implementering og vedligeholdelse. Tidsforbruget hertil reduceres væsentligt i det omfang det er domæneeksperterne, der selv foretager opbygning af modellen. Det totale tidsforbrug til og med programmering af modellen har været cirka 700 timer.

4.8.3 EFFEKTER VED ANVENDELSE AF PRODUKT- OG PRODUKTRELATEREDE MODELLER

Effekterne ved at implementere produkt- og produktrelaterede modeller, svarende til den opbyggede prototype, er dels en målbar besparelse i det direkte tidsforbrug, der anvendes ved specifikation af vindinger og deres routings, og herunder også den samlede gennemløbstid for udførelse af specifikationsarbejdet, og dels en besparelse som følge af bedre integration mellem konstruktion og produktionsforberedelse, der er vanskelig at måle.

Skønsmæssigt anvendes der i dag ca. 60 timer for hver ordre til at specificere vindinger og deres routings, og der udføres 50 til 100 specifikationer pr år. Hvis det forsigtigt anslås, at der kan spares 30 timer 50 gange pr år bliver den mulige besparelse på ialt ca. 1500 timer pr år, hvilket sammenholdt med tidsforbruget anvendt til opbygning og programmering af produkt-

og produktionsmodellen indikerer at projektet vil være rentabelt. Ressourceforbruget til vedligeholdelse vil dels afhænge af de fremtidige ændringer i produktet og produktionssystemet og dels af modellens fleksibilitet m.h.t. at optage sådanne ændringer (systemets frihedsgrader).

Ved anvendelse af systemet vil der være en betydelig lettelse af dokumentationsarbejdet ved gennemførelse af ændringer på produktet (f.eks. ønskede konstruktionsændringer fra produktionen). Desuden lettes genfindning af tidligere specifikationer, hvilket bidrager til, at konstruktøren vil få let adgang til hele løsninger, d.v.s. produktet og dets produktionsgrundlag, hvilket vil være nyttigt ikke kun i variantudviklingsprojekter men for alle projektyper.

Effekten af den øgede integration mellem konstruktion og produktionsforberedelse, som modellen bidrager til er, som nævnt, vanskelig at opgøre. Et vigtigt aspekt i den forbindelse er, at selve arbejdet med at opbygge produkt- og produktionsmodellen giver en værdifuld indsigt i de regler og procedurer, der ligger bag specifikation af vindinger og deres routings. Desuden bidrager arbejdet til at der foretages en afklaring af de begreber, der anvendes i konstruktion og produktionsforberedelse, således at konstruktør og produktionsforbereder taler samme sprog.

Modelleringsarbejdet bidrager endvidere til, som nævnt i afsnit 3.3.1, at de involverede personer (domæneeksperter) opnår forøget indsigt i løsningsrummet ved opbygning af produkt- og produktrelaterede modeller, og dermed et bedre grundlag for at skitsere strukturen i det fremtidige system (to be).

Arbejdet med at opbygge modellen giver således, for konstruktør og produktionsforbereder, i sig selv en værdifuld indsigt i hinandens område. Samtidig vil den færdige model særligt for konstruktøren give indsigt i de produktionsmæssige konsekvenser, da der umiddelbart efter at vindinger er specificeret foreligger en routing. Systemet kan således anvendes til at foretage konsekvensberegninger af forskellige sæt af specifikationer, således at der bliver større mulighed for at optimere specifikationerne efter de resulterende tidsforbrug i produktionen.

4.8.4 PERSPEKTIVERNE FOR ALFA LAVAL SEPARATION

Et afgørende perspektiv ved anvendelse af produkt- og produktrelaterede modeller er, som nævnt i afsnit 1.1, at det herved bliver muligt at understøtte en del af virksomhedens specifikationsflow med IT, analog til den indsats, der hidtil er gennemført for mekanisering af det direkte arbejde i produktionen.

Det bliver således muligt, ved anvendelse af fremgangsmåden og de metoder og teknikker der ligger heri, løbende at forbedre det eksisterende specifikationssystem ved at analysere det nuværende arbejdsforløb, og derved gradvist etablere en stadig højere arbejdsforberedelsesgrad af virksomhedens specifikationsaktiviteter.

For Alfa Laval Separation A/S giver det således en mulighed for løbende at forbedre det eksisterende specifikationssystem og derved opnå en række af de før omtalte effekter - mindre resourceforbrug, hurtigere gennemløb, øget fleksibilitet, bedre integration o.s.v. Projektets resul-

tat skal således ses som et redskab til at kunne opnå øget produktivitet m.v. i virksomhedens teknisk-administrative funktioner (her primært konstruktion og produktionsforberedelse), svarende til den indsats, der løbende gøres i produktionen for der at opnå højere produktivitet m.v.

Anvendelse af produktmodellering kan bidrage til at frigøre ingeniørtimer, der ellers anvendes til de daglige operationelle opgaver med specifikation af produktet og dets fremstillingsforløb, således at disse ressourcer kan anvendes til mere udviklingsprægede opgaver og derved styrke virksomhedens konkurrenceevne på længere sigt.

Det skal her iøvrigt indskydes, at et andet aspekt ved anvendelse af produkt- og produktrelaterede modeller er, at arbejdsopgaverne for konstruktør og produktionsforbereder ændrer sig, fra primært at være direkte udarbejdelse af specifikationer, til at være udvikling og vedligeholdelse af systemer, der kan udføre det direkte specifikationsarbejde (modellere den viden, der ligger bag specifikationerne - engineering af engineeringarbejdet).

I forbindelse med opstart af projekter indenfor området gælder iøvrigt at det er muligt at "starte i det små", idet man i forbindelse med analyse af virksomhedens specifikationsopgave, kan initiere mindre projekter, der omfatter et afgrænset område, svarende til det gennemførte projekt med specifikation af vindinger, og derved gradvist opnå indsigt i mulighederne og løbende indlære de nødvendige teknikker og metoder.

For at komme videre med anvendelse af produkt- og produktrelaterede modeller hos Alfa Laval Separation vil det være nødvendigt at gennemføre et pilotprojekt, hvor domæneeksperter fra konstruktion og produktionsforberedelse indlærer teknikkerne og fremgangsmåden. Det vil være nærliggende at gennemføre et projekt med samme kontekst som dette forskningsprojekt, d.v.s. specifikation af vindinger og deres routings, da vi "har været der før" og allerede har bygget en prototype. Derved kan der i højere grad fokuseres på indlæring af fremgangsmåden og de tilhørende metoder.

Projektet vil kræve ekstern bistand for indlæring af metoder og fremgangsmåde, samt styring af projektforsløbet, men vil iøvrigt kunne afvikles med et tidsforbrug svarende til tidsforbruget anvendt i dette forskningsprojekt. Et andet spændende aspekt vil være at arbejde videre med at specificere produkt- og metodespecifikationsopgaven for Alfa Laval Separation, for derved at afdække øvrige områder i virksomheden, hvor det vil være profitabelt at anvende produkt- og produktrelaterede modeller.

5 KONKLUSION

I dette afsnit vil jeg foretage en evaluering af den opbyggede hypotese i relation til projektets problemformulering, projektets teorigrundlag og det empiriske arbejde hos Alfa Laval Separation A/S. Afsluttende vil jeg desuden perspektivere projektets resultater med inddragelse af nogle af de synsvinkler, der kun i mindre grad er medtaget i projektet.

5.1 EVALUERING AF HYPOTESEN

Projektets indledende problemstilling var, som nævnt i afsnit 1.1 og afsnit 2.5, et ønske om at tilvejebringe metoder og fremgangsmåder for fastlæggelse af den optimale arbejdsforberedelsesgrad ved den enkelte virksomheds specifikationsaktiviteter, og i forlængelse heraf introducere metoder og fremgangsmåder for fastlæggelse af indhold og struktur og den efterfølgende opbygning af de systemer, der skal understøtte arbejdet.

Den opstillede hypotese, der omfatter en samlet fremgangsmåde for anvendelse af produktmodellering i den enkelte specifikke virksomhed set ud fra en arbejdsforberedelsessynsvinkel, er baseret på en række antagelser, der, som nævnt i afsnit 2.5, omfatter fire forskellige teoridele.

Fremgangsmåden er således baseret på anvendelse af produktmodellering og i tilknytning hertil den objektorienterede projektlivscyklus, idet det antages at objektorienteret modellering anvendes ved opbygning af produkt- og produktrelaterede modeller.

Der er fokuseret på de indledende faser i projektlivscyklen (analyse), hvor modellens indhold og struktur fastlægges. Fastlæggelse af modellens indhold og struktur er i dette projekt knyttet til en undersøgelse af, hvilke aktiviteter i virksomhedens specifikationsflow, der, set ud fra en arbejdsforberedelsessynsvinkel, skal understøttes med IT.

For at afdække omgivelsernes krav til den enkelte specifikke virksomheds specifikationssystem og samtidig relatere udviklingsarbejdet til virksomhedens overordnede målsætning og strategiske planer, omfatter den indledende fase i fremgangsmåden en analyse af systemets opgave, analog til en analyse af virksomhedens produktionsopgave introduceret af Skinner [Skinner, 115].

Opgavebegrebet er i dette projekt tilpasset det ændrede domæne (virksomhedens specifikationssystem i stedet for produktionen), primært ved at der er formuleret en række beskrivelsesdimensioner relateret til virksomhedens specifikationsaktiviteter. Den gængse teori for arbejdsforberedelse i produktionen har i den forbindelse udgjort et væsentligt grundlag ved formulering af beskrivelsesdimensioner i produkt- og metodespecifikationsopgaven.

Den indledende analyse er således i hypotesen opdelt i tre trin, hvor det første og andet trin omfatter en analyse af produkt- og metodespecifikationsopgaven og i forlængelse heraf fastlæggelse af indhold og struktur af de systemer, der skal opbygges for at understøtte specifikationsarbejdet. Tredie trin omfatter objektorienteret analyse med den detaljerede opbygning af en OOA-model, der udføres med udgangspunkt i en identifikation af systemets features. De

efterfølgende faser 4 - 7 følger den gængse teori for udvikling af systemer ved anvendelse af objektorienteret modellering og programmering.

Som diskuteret i afsnit 2.4 og afsnit 3.3 er løsningsrummet ved opbygning af systemer til understøtning af specifikationsarbejdet mindre velkendt end ved f.eks. udvikling af produktionssystemer, hvorfor det vil være nødvendigt med et større antal iterationer mellem analyse af opgaven og fastlæggelse af løsningselementer. Bl.a. derfor er der lagt vægt på at formulere en samlet fremgangsmåde, der også omfatter de senere faser med design, programmering o.s.v.

I det empiriske arbejde er der tilsvarende lagt vægt på at gennemføre hele forløbet i fremgangsmåden, fra fastlæggelse af produkt- og metodespecifikationsopgaven til og med programmering af systemet, dels for at afprøve alle faser i fremgangsmåden og relatere elementerne i analysefasen til de senere faser i fremgangsmåden, og dels for at sandsynliggøre, at det er muligt at konstruere systemer til at understøtte specifikationsarbejdet i konstruktion og produktionsforberedelse med en rimelig ressourceindsats.

Projektets primære synsvinkel er arbejdsforberedelsessynsvinklen. Af væsentlige synsvinkler, der kun i mindre grad er medtaget ved formulering af produkt- og metodespecifikationsopgavens beskrivelsesdimensioner, skal her nævnes kvalitet af specifikationer, organisering af specifikationsarbejdet og integration af de forskellige specifikationsaktiviteter. Anvendelse af produktmodellering påvirker det samlede specifikationssystem i relation til de nævnte synsvinkler (og medfører altså mere end en højere arbejdsforberedelsesgrad).

Det vil derfor være interessant i det videre forskningsarbejde at tilføje yderligere beskrivelsesdimensioner til produkt- og metodespecifikationsopgaven med inddragelse af øvrige synsvinkler.

Projektets hypotese er, som nævnt i afsnit 1.3, til dels udledt gennem det empiriske arbejde, idet hypotesen løbende er blevet reformuleret og udbygget gennem det empiriske arbejdsforløb. Der er således ikke foretaget en egentlig evaluering af produkt- og metodespecifikationsopgaven, dels da beskrivelsesdimensionerne, som nævnt, er fastlagt gennem det empiriske arbejde, og dels da der ikke er gennemført en samlet analyse af opgaven med inddragelse af relevante personer i organisationen. Medarbejderne hos Alfa Laval Separation har således ikke gennemført et samlet analyseforløb for fastlæggelse af produkt- og metodespecifikationsopgaven.

I det empiriske arbejde er det lykkedes at komme igennem alle faser i fremgangsmåden fra den indledende fastlæggelse af produkt- og metodespecifikationsopgaven (selvom den, som nævnt, kun i ringe grad er blevet forankret i organisationen) frem til og med programmering af en applikation, der understøtter aktiviteterne med specifikation af en af de indgående komponenter i virksomhedens produktprogram (vindinger) og komponentens fremstillingsforløb. Derved er det sandsynliggjort at det er muligt at opbygge systemer til at understøtte det egentlige ingeniørarbejde i virksomhedens specifikationsflow med et rimeligt ressourceforbrug (i det empiriske arbejde er der skønsmæssigt anvendt ca 700 timer på forløbet).

I forbindelse med organisering af arbejdsforløbet ved gennemførelse af fremgangsmåden er det desuden gennem det empiriske arbejde sandsynliggjort, at det er muligt at gennemføre en arbejdsdeling således at domæneeksperter udfører arbejdet i analysefasen frem til og med opbygning af OOA-modellen, mens selve programmeringsarbejdet udføres af programmører.

OOD-modellen udarbejdes i et samarbejde mellem domæneekspert og programmør på grundlag af den opbyggede OOA-model.

Et afgørende perspektiv ved anvendelse af produkt- og produktrelaterede modeller er, at det er virksomhedens egne domæneeksperter, i dette tilfælde konstruktør og produktionsforbereder, der foretager opbygning og vedligeholdelse af OOA-modellen. Domæneeksperterne får herved indsigt i de muligheder, der findes ved anvendelse af produktmodellering, og opnår således et bedre grundlag for at fastlægge den fremtidige arbejdsforberedelsesgrad og i forlængelse heraf indhold og struktur i de systemer, der skal understøtte det fremtidige specifikationsarbejde.

Dette er muligt, dels da teknikken for opbygning af en objektorienteret model kan læres med et beskedent ressourceforbrug (en til to uger), og dels fordi anvendelse af objektorienteret modellering muliggør en arbejdsdeling mellem domæneekspert og programmør, således at domæneeksperterne blot skal specificere systemet, mens selve programmeringen kan overlades til en EDB-systemudvikler, med deraf følgende større effektivitet i programmeringsarbejdet.

Herudover er der tre grunde til, at domæneeksperterne selv bør opbygge produkt- og produktrelaterede modeller. For det første er det domæneeksperterne, der besidder den viden, der skal modelleres. For det andet vil den nævnte effekt ved at opnå øget indsigt i de regler og procedurer, der ligger bag specifikation af f.eks. vindinger og deres routings, kun kunne opnås, hvis det er domæneeksperterne selv, der modellerer systemet. Og for det tredje, er det en forudsætning for at kunne vedligeholde systemet, at domæneeksperterne, der skal forestå vedligeholdelsen, også selv har udviklet systemet. Det vil iøvrigt også lette den daglige brug af systemet, at brugerne selv har udviklet modellerne, og selv har ansvaret for at vedligeholde systemet.

Fordelen ved denne arbejdsdeling er således dels at domæneeksperternes viden udnyttes optimalt, når de selv opbygger OOA-modellen og vedligeholder den endelige OOD-model, og dels at selve programmeringsarbejdet udføres effektivt af professionelle systemudviklere (programmører).

Det skal her indskydes, at det i forbindelse med vedligeholdelse af systemet er afgørende, at der ikke foretages ændringer i programkoden, uden at der foretages en tilsvarende ændring i den objektorienterede model (OOD-modellen). Dette skyldes, at det hurtigt bliver umuligt at vedligeholde en programkode, hvor der ikke findes en opdateret systemdokumentation. Det er derfor afgørende, at der indarbejdes nogle disciplinerede rutiner for samtidig vedligeholdelse af den objektorienterede model og programkoden.

Sammenfattende må det konkluderes, at det gennem projektet er sandsynliggjort, at det med de foreliggende teorier og modelleringsmetoder i dag er muligt at understøtte også det egentlige ingeniørarbejde i virksomhedens specifikationsflow. Projektet bidrager med en metode til at fastlægge hvilke aktiviteter, der skal understøttes, set ud fra en arbejdsforberedelsessynsvinkel, og en samlet fremgangsmåde for udvikling af systemer.

I det videre arbejde vil det, som nævnt, være interessant at søge at udbygge produkt- og metodespecifikationsopgaven ved at formulere yderligere beskrivelsesdimensioner ved inddragelse af nogle af de synsvinkler, der er udeladt i dette projekt. Endvidere vil det være relevant yderligere at evaluere og udbygge projektets hypotese og herunder produkt- og metodespecifikationsopgaven ved at afprøve hypotesen i flere virksomheder.

5.2 PERSPEKTIVERING AF PROJEKTET

Projektets overordnede sigte er, som nævnt, at formulere metoder og teknikker for gennemførelse af arbejdsforberedelse af aktiviteterne i virksomhedens specifikationsflow (konstruktion og produktionsforberedelse), svarende til de teknikker og metoder, der i dag anvendes til at gennemføre arbejdsforberedelse af det direkte (fysiske) arbejde i produktionen.

Ved at etablere en højere arbejdsforberedelsesgrad ved virksomhedens specifikationsaktiviteter, opnår man en række effekter, svarende til de effekter man kan opnå ved at indføre en højere mekaniseringsgrad i produktionen. D.v.s. at det direkte tidsforbrug ved de enkelte arbejdsoperationer reduceres, gennemløbstiden forkortes (denne effekt kan være voldsom, f.eks. fra én måned til 30 minutter, i det tilfælde hvor alle aktiviteter, der tidligere er gennemført "manuelt" med en gennemløbstid på én måned automatiseres), man opnår en bedre og mere ensartet kvalitet af specifikationer, og endelig kan anvendelse af produktmodellering ses som et middel til at opnå en bedre integration mellem de enkelte funktioner, hvilket giver mulighed for, totalt set, at opnå bedre konstruktive løsninger ved udvikling og tilpasning af produkter.

Anvendelse af produktmodellering påvirker således en række af de parametre, der indgår i virksomhedens overordnede strategiske planlægning, som f.eks. *reaktionsevne*, der her er udtrykt ved kortere gennemløbstid og lavere ressourceforbrug, og dermed muligheden for hurtigt at specificere nye produktvarianter, og *omkostningsniveau*, der her er udtrykt ved dels det direkte tidsforbrug ved specifikation af nye produktvarianter og dels effekten af, som følge af en forbedret integration, at opnå konstruktive løsninger, der totalt set har lavere omkostninger.

Understøtning af de egentlige ingeniøraktiviteter i virksomhedens specifikationsflow gennem anvendelse af produktmodellering berører iøvrigt de enkelte funktioner i virksomheden (her primært konstruktion og produktionsforberedelse) på en række punkter. I det følgende vil jeg kommentere disse konsekvenser set ud fra en kvalitets, organisatorisk og integrationsmæssig synsvinkel.

I forbindelse med kvalitetssynsvinklen vil jeg igen drage en analogi til mekanisering af det direkte arbejde i produktionen, hvor et afgørende kriterie for at gennemføre en øget mekanisering ofte kan være et ønske om at opnå en bedre og mere ensartet kvalitet af de producerede emner. Tilsvarende overvejelser gør sig gældende ved understøtning af specifikationsarbejdet, hvor man ved at lade EDB-systemer udføre specifikationsarbejdet undgår en række menneskelige fejl og derved opnår en mere ensartet kvalitet af de resulterende specifikationer.

Desuden kan indførelse af EDB-systemer til at understøtte specifikationsarbejdet bidrage til at formalisere arbejdsforløbet, og dermed bidrage til overholdelse af eventuelle procedurer, nedfældet i forbindelse med ISO-9000 certificeringer.

Organisatorisk får anvendelse af produktmodellering ligeledes en række konsekvenser. Først og fremmest kan der peges på en mulig arbejdsdeling mellem personer, der udvikler og vedligeholder systemer til understøtning af specifikationsarbejdet, og personer, der udfører det direkte specifikationsarbejde gennem anvendelse af de opbyggede systemer. Igen kan der drages en analogi til analyse af det direkte arbejde i produktionen, hvor gennemførelse af arbejdsanalyse, tidsstudier m.v. og efterfølgende ændringer i arbejdsmetoder ofte har resulteret i interes-

sekonflikter mellem personer beskæftiget med det direkte arbejde og virksomhedens ledelse repræsenteret ved de personer, der har gennemført analysearbejdet.

Et andet organisatorisk aspekt er, at opbygning og anvendelse af produkt- og produktrelaterede modeller bidrager til at sikre kommunikation på tværs i organisationen mellem de enkelte funktioner. Et vigtigt resultat af det empiriske arbejde har været en erkendelse af, at opbygning og anvendelse af produkt- og produktrelaterede modeller bidrager til at fremme kommunikationen mellem i dette tilfælde konstruktion og produktionsforberedelse, idet henholdsvis konstruktør og produktionsforbereder får indsigt i hverandres domæner, og på det operationelle niveau får indført et fælles sprog, d.v.s. ensartede betegnelser for specificering af produktkomponenter, produktionsmetoder m.v.

Desuden gælder, at ved implementering af en applikation, svarende til den opbyggede prototype hos Alfa Laval Separation, forsvinder en del af de daglige aktiviteter i produktionsforberedelsen med opbygning af produktions-specifikationer, idet disse efterfølgende automatisk kan udføres af systemet med udgangspunkt i konstruktørens specifikationer.

Anvendelse af produktmodellering påvirker således i høj grad de aktiviteter, der udføres i virksomhedens specifikationsflow, hvilket nødvendigvis medfører en række ændringer i arbejdets organisering.

I relation hertil kan anvendelse af produktmodellering opfattes som et middel til at integrere aktiviteterne i virksomhedens specifikationsflow (integrationsmekanisme ifølge [Hansen, 50]), idet man dels opnår mulighed for at udføre specifikationsaktiviteter, der normalt udføres i forskellige adskilte funktioner og til forskellige tidspunkter, samtidigt og i én sammenhængende arbejds-gang, og dels fordi man, som nævnt, ved opbygning og anvendelse af produkt- og produktrelaterede modeller opnår indsigt i andre funktionsområder, herunder hvilke konsekvenser valgte specifikationer får for øvrige funktioner (f.eks. produktion, indkøb, planlægning o.s.v.).

Løsningsrummet ved opbygning af systemer til at understøtte virksomhedens specifikationsaktiviteter er, som tidligere nævnt, mindre veldefineret end ved opbygning af f.eks. produktions-systemer. De referencemodeller for produktmodellering, og projekterne CIM/OSA og STEP, der er refereret i denne afhandling kan i denne sammenhæng opfattes som en referenceramme og eksempler på løsningselementer. I forbindelse med opbygning af applikationer til at understøtte virksomhedens viden- og informationsarbejde foregår der i disse år et omfattende forskningsarbejde for at udvikle modeller (eller løsningselementer), der kan bidrage til at udvikle sådanne systemer.

Sigtet med dette arbejde er bl.a. at udvikle såkaldte metadata, d.v.s. fastlæggelse af en overordnet struktur af virksomhedens specifikationsdata. Formålet hermed er dels at gøre det muligt at kommunikere mellem virksomheder, og dels at gøre det muligt at udvikle generiske løsningselementer (f.eks., som nævnt i afsnit 2.2.7, elementer, der beskriver drejede emner, hulleboreproces m.v.), der kan anvendes i forskellige virksomheder.

På længere sigt vil der formentligt blive udviklet en række sådanne standardløsningselementer, der kan anvendes i mange forskellige virksomheder, under forudsætning af at virksomhedens interne applikationer er opbygget i overensstemmelse med gældende standarder. CIM/OSA og

STEP-projektet er i den sammenhæng interessante, idet de begge lægger op til fremtidige standarder indenfor området. Herudover må man formode, at overholdelse af fremtidige standarder indenfor området på længere sigt bliver et krav, i det omfang man ønsker at kommunikere eksternt med andre virksomheder.

Sammenfattende kan det konkluderes, at der er en stigende interesse for at udvikle funktionerne i virksomhedernes tekniske styring. Som nævnt i indledningen til denne afhandling (afsnit 1.1) forbruger mange virksomheder en stigende del af de samlede arbejdskraftressourcer ved aktiviteterne i virksomhedens tekniske styring. Dermed flytter potentialet for at opnå øget produktivitet til i stigende grad også at omfatte aktiviteterne i virksomhedens tekniske styrings-systemer. I dette projekt er der fokuseret på den del af den tekniske styring, der omfatter specificering af produktet og dets fremstillingsforløb.

Internationalt foregår der, som nævnt i afsnit 2.3.3, i disse år et omfattende forskningsarbejde indenfor opbygning af systemer til understøtning af virksomhedernes specifikationsarbejde. Væsentlige synsvinkler i dette arbejde er et ønske om at opnå øget samtidighed af bl.a. specifikationsaktiviteterne (concurrent engineering) og, på et tidligt tidspunkt, større indsigt i konsekvenserne for de øvrige funktioner af de valgte specifikationer.

Nærværende afhandling skal i denne sammenhæng ses som et bidrag, hvor det er tilstræbt at supplere tankegangen indenfor concurrent engineering og produktmodellering med den klassiske arbejdsforberedelsessynsvinkel, ved at drage en analogi mellem virksomhedernes specifikationsarbejde og det direkte arbejde i produktionen. Desuden er der, ved anvendelse af opgavebegrebet, fokuseret på at knytte anvendelse af produktmodellering til de overordnede strategiske krav der stilles til specifikationssystemet i den enkelte specifikke virksomhed.

LITTERATUR:

- [1] Adiga S.; Object-oriented Software for Manufacturing Systems; University of California, Berkely, USA, 1993.
- [2] Alting Leo og Zhang Hongchao; Computer Aided process Planning: the state of the art survey; International Journal of Production Research, 1989 Vol. 27, No. 4, pp 553-585.
- [3] Altenhof J.L.; Concurrent mechanical system design: A computer-aided demonstration; Concurrent Engineering of Mechanical Systems; p. 103-109, The American Society of Mechanical Engineers.
- [4] Andreasen Mogens Myrup og Hein Lars; Integrert Produktutvikling; Universitetsforlaget, Oslo, 1986.
- [5] Andreasen Mogens Myrup; Designing on a Designers Workbench (DWB); 9. WDK Workshop, Rigi, marts 1992.
- [6] Arai Eiji og Iwata Kazuaki; Product modelling system in conceptual design of mechanical products; Robotics & Computer-Integrated Manufacturing, Vol. 9, No 4/5, pp 327-334, 1992.
- [7] Arngrímsson Geir; Anvendelsen af STEP - den forretningsmæssige betydning af det internationale standardiseringsarbejde; eksamensprojekt ved Driftsteknisk Institut, Danmarks Tekniske Højskole, marts 1990.
- [8] Arngrímsson Geir og Vesterager Johan; Overblik over standarden ISO-STEP samt erfaringer fra konkret anvendelse af standarden; Integrerede Produktionssystemer; Driftsteknisk Institut, marts 1991.
- [9] Arngrímsson Geir; Concepts of Object-orientation; Proceedings of sixth IPS Research Seminar, p. 69-84; Fuglsø, marts 1992.
- [10] Arngrímsson Geir og Vesterager Johan; STEP: Experiences from actual use of the standard; Proceedings of IFIP WG 5.7 Working Conference on Integration in Production Management Systems, Eindhoven, The Netherlands, august 24-27, 1992, preprints pp. 11-23.
- [11] Arngrímsson Geir; Development life-cycle and organisation; Proceedings of the seventh IPS Research Seminar, p 131-153, Fuglsø, oktober 1992.
- [12] Arngrímsson Geir; User controlled analysis and development of object oriented systems; Ph.D.-afhandling under udarbejdelse; Driftsteknisk Teknisk Institut, 1994.
- [13] Arthur Andersen & Co; Informatikfunktionen i ledelsesperspektiv, 1989.
- [14] Beck Kent, Cunningham Ward; A laboratory for Teaching Object-Oriented Thinking; Proceedings of OOPSLA '89: Object-Oriented Programming Systems, Languages, and Applications; SIGPLAN Notices, vol. 24 (10) Oktober 1989.

- [15] Björk Bo-Christer; Issues in the development of a building product model standard; The Journal of CIB, Number 1, 1990.
- [16] Booch, Grady; Object Oriented Design; Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., Californien, 1991.
- [17] Broonsvoort Willem F., Jansen Frederik W.; Feature modelling and conversion - Key concepts to concurrent engineering; Computers in Industry 21 p. 61-86, 1993.
- [18] Brown D.R., m.fl.; Next-Cut: A Second Generation Framework for Concurrent Engineering; Lecture Notes in Computer Science, p. 8-25, MIT-JSME Workshop, Cambridge, USA, 1989.
- [19] Burbidge, John L.; The Introduction of Group Technology; Heinemann, London, 1975.
- [20] Busby J.S., Williams G.M.; The value and limitations of using process models to describe the manufacturing organization; International Journal of Production Research, 1993, Vol. 31 No. 9, p. 2179-2194.
- [21] Carstensen Lars N.; Implementering og evaluering af objekt-orienterede modeller; eksamensprojekt ved Driftsteknisk Institut, Danmarks Tekniske Højskole, februar 1994.
- [22] Chan K.C., Nhieu J.; A framework for Feature Based Applications; Computers in Industrial Engineering, Vol 24, No 2 p. 151-161, 1993.
- [23] Chen P.; The Entity-relationship Model - Toward a Unified View of Data; ACM Trans. on Database Systems, Vol. 1, No. 1, Marts 1976, p. 9-36.
- [24] Chern J.-H.; Knowledge-Based Engineering in Concurrent Engineering Automation; Wisdom Systems, Inc., Pepper Pike, Ohio, USA.
- [25] Christensen John, Clausen John; Produktudvikling, planlægning og produktion i dansk industri 1992; Driftsteknisk Institut og Procesteknisk Institut, DTH, juli 1992.
- [26] Christiansen Peter Kåre Groes; Concurrent Engineering, eksamensprojekt ved Driftsteknisk Institut, Danmarks Tekniske Højskole, januar 1993.
- [27] Clausen John; Introduktion til IDEF-1; Driftsteknisk Institut; marts 1993.
- [28] Clausen John, Hvam Lars, Arngrimsson Geir; IDEF-1 kursusmateriale til IPS-seminar; Driftsteknisk Institut 27. maj 1991.
- [29] Clausen John, Hvam Lars og Vesterager Johan; Information technology in manufacturing; Proceedings of the fifth IPS Research Seminar, Fuglsø, oktober 1991.
- [30] Coad Peter, Yourdon Edward; Object-oriented analysis, second edition: Prentice Hall, New Jersey, 1991.

- [31] Coad Peter, Yourdon Edward; Object-oriented design, second edition: Prentice Hall, New Jersey, 1991.
- [32] Dam A., Riis J.O.;Udvikling af Styringskoncept, Virksomhedstilpasset ProduktionsStyring; Institut for Produktion, AUC, Driftsteknisk Institut og Instituttet for Produktudvikling, DTH, januar 1986.
- [33] Dansk Standard, DS/INF 59; Introduktion til ISO-standarden STEP; Dansk Standardiseringsråd, november 1990.
- [34] Dataforeningen i Sverige; Produktmodeller för rationell produktframtagning med reducerade totalkostnader och ledtider; Proceedings fra en workshop om produktmodellering; Linköping, 27-28 oktober 1993.
- [35] DIN 8580; Fertigungsverfahren - Übersicht, juni 1983.
- [36] DIN 8580; Fertigungsverfahren - Einteilung, juni 1974.
- [37] Eiji Arai and Kazuaki Iwata; Product modelling system in conceptual design of mechanical products; Robotics & Computer-Integrated Manufacturing, Vol. 9, No 4/5, pp 327-334, 1992.
- [38] Erens Frederik, Alison McKay, Bloor Susan; Shortcomings of today's design frameworks; International Conference on Engineering Design ICED '93, p 1279-1286, Haag, august 1993.
- [39] ESPRIT Consortium AMICE; Open System Architecture for CIM; Springer Verlag, 1989.
- [40] ESPRIT Consortium IMPPACT; IMPPACT Reference Model (An Approach to Integrated Product and Process Modelling for Discrete Parts Manufacturing); Springer Verlag, 1992.
- [41] Eversheim W., m.fl.; Trends and experiences in applying simultaneous engineering; CIM Europe, p. 3-11, Torino, 29-31 maj 1991.
- [42] Friis Thyge, Petersen Jesper Bo; OO-systemudvikling i industrielle virksomheder, eksamensprojekt ved Driftsteknisk Institut, Danmarks Tekniske Højskole, august 1993.
- [43] Foss Michelsen A/S; Tendenser - ledelse og informationsteknologi, 1990.
- [44] Frick Jan; Utvikling av bedriftsrelaterte og integrerte produksjons systemer mot CIM (den dataintegrerte bedrift); Institut for Produktion, Aalborg Universitetscenter, juni 1991.
- [45] Geitner U.W.; CIM Handbuch; Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH Braunschweig 1991.
- [46] Giehling W.F., Suhm A.K.; IMPPACT Reference Model; Project 2165 IMPPACT vol 1; Springer Verlag, 1993.
- [47] Graham Ian; Object Oriented Methods; Addison-Wesley Publishing Company, 1991.

- [48] Guofang Jiao, Shenquan Liu; Information Model for Product Modeling; Journal of computer science and technology, Vol. 7, No. 1, p. 47-55, 1992
- [49] Hakim M., Garrett J.H.; Object-Oriented Techniques for Representing Engineering Knowledge and Data: Pros and Cons; Artificial Intelligence in Engineeringp. 21-34, Department of Civil Engineering, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA 15213, USA.
- [50] Hansen Poul H.K.; Integration som en ledelsesparameter - en model af objekter og mekanismer for integration; Institut for Produktion, Aalborg Universitet, 1993.
- [51] Harpen N.T., Luiten M.E.G.; Information Technology: The key to an integrated development process!; International Conference on Engineering Design ICED '93, p 1263-1270, Haag, august 1993.
- [52] Hirsch Bernhard E.; Evolution of CIM: "Milestones of Enterprise Integration"; Proceedings of CIMCON '90, Bordeaux; 12-14 juni, 1990.
- [53] Holt Knut; Bedriftslære, Kapitel 5; H.Aschehoug & Co, Oslo, 1962.
- [54] Hvam Lars; Engineering the Product and Methods Specification System; Proceedings of the 12th International Conference on Production Research, p 285-286, Lappeenranta, Finland, 16-20 august 1993.
- [55] Hvam Lars; Informationsteknologi i den tekniske styring, Proceedings of the sixth IPS Research Seminar (Preprint), p 27-39, Fuglsø 23-25 marts 1992.
- [56] Hvam Lars; Information Technology in Manufacturing Planning Systems; Proceedings of the seventh IPS Research Seminar, p 131-153, Fuglsø, oktober 1992.
- [57] Hvam Lars og Vesterager Johan; Manufacturing of the manufacturing system; Proceedings of third International Symposium on Systems Research, Informatics and Cybernetics, Baden-Baden, august 1991.
- [58] Hvam Lars; Managing product and methods specifications; Proceedings of the eighth IPS Research Seminar, p 23-41, Fuglsø 22-24 marts 1993.
- [59] Hvam Lars og Mortensen Niels Henrik; Opbygning af produkt- og produktionsmodel hos Alfa-Laval Separation A/S; Driftsteknisk Institut 1994, (rapporten er fortrolig).
- [60] Hviid Johan, Sant Knud; Business Process Reengineering; Børsen Bøger 1994.
- [61] Hyer Nancy L., Wemmerlöv, Urban; Group technology and productivity; 1984.
- [62] ICAM project group; Integrated Computer-Aided Manufacturing (ICAM) Architecture part II, Vol. IV-Function Modelling Manual (IDEF-0); Soft Tech Inc, MA USA, Juni 1981.
- [63] ICAM project group; Integrated Computer-Aided Manufacturing (ICAM) Architecture part II, Vol. V - Information Modelling Manual (IDEF-1); Soft Tech Inc, MA USA, Juni 1981.

- [64] ICAM project group; Integrated Information Support System (IISS), NewYork, 1985.
- [65] Industriens Arbejdsgivere; Udvikling af de administrative funktioner - en foranalyse, 1990.
- [66] Institut for Produktudvikling (IPU), Driftsteknisk Sektion; CIM-kursus for topledere; CIM/GEMS-projektet 1990.
- [67] International Labour Office; Introduction to Work Study, Geneva, 1957.
- [68] ISO TC184/SC4, External Representation of Product Model Data, International Organization for Standardization, Draft Proposal ISO/DP 10303, 1987.
- [69] ISO TC184/SC4, Product Data Representation and Exchange Part 1: Overview and Fundamental Principles; International Organization for Standardization, maj 1992.
- [70] Johansen J., Mitens L.; Analyse og Diagnose, Produktionsstyring, Virksomhedstilpasset Produktionsstyring; Institut for Produktion, AUC, Driftsteknisk Institut og Instituttet for Produktudvikling, DTH, januar 1986.
- [71] Johansen John; Oversigt over styringsformer; Virksomhedstilpasset Produktionsstyring; Institut for Produktion, AUC, Driftsteknisk Institut og Instituttet for Produktudvikling, DTH, marts 1987.
- [72] Jones R., Mitchell S., Newman S.; Feature-based systems for the design and manufacture of sculptured products; International Journal of Production Research, Vol 31, No 6, p 1441-1452, 1993.
- [73] Juri A.H. m.fl.; Reasoning about machining operations using feature-based models; International Journal of Production research, Vol. 28, No. 1 p. 153-173, 1990.
- [74] Jørgensen Kaj A.; Videnskabelige arbejdsparadigmer; Institut for Produktion, Aalborg Universitet, maj 1992.
- [75] Kang T.S., Bartholomew O. N.; Feature Representation and Classification for Automatic Process Planning Systems; Journal of Manufacturing Systems Vol 12, No 2 p 133-145.
- [76] Kerr Roger; Knowledge-Based Manufacturing Management; University of New South Wales, Australia, 1991.
- [77] Kiil Ole; Prototyping: Udvikling og indførelse af nyt informationsbehandlingssystem i mellemstor produktionsvirksomhed; (kap 3, p. 34-65), erhvervsforskerprojekt fra NKT Installationskabler, Driftsteknisk Institut, 1989.
- [78] Kirkby Philip, Kjærulf Jesper; Case for planlægning og analyse i CIM systemudvikling, eksamensprojekt ved Driftsteknisk Institut, Danmarks Tekniske Højskole, januar 1992.
- [79] Kirkegård Lars; Fastlæggelse af udviklingsopgaven; UNIC-gruppen, Instituttet for Produktudvikling, 1988.

- [80] Kjellberg Torsten, Schmekel Hans; Product Modelling and 'Information Integrated' Engineering Systems; Annals of the CIRP Vol. 41/1/1992.
- [81] Kjellberg Torsten; Tools for Intelligent Human Communication And Collaboration For Better Manufacturing; Organization of Engineering Knowledge for Product Modelling in Computer Integrated Manufacturing; p. 359-379, The Second Toyota Conference, Aichi Japan, 2-5 October 1988.
- [82] Krause Frank-Lothar; Knowledge integrated product modelling for design and manufacture, Organization of Engineering Knowledge for Product Modelling in Computer Integrated Manufacturing; p. 179-219, The Second Toyota Conference, Aichi Japan, 2-5 October 1988.
- [83] Kristensen Leslie, Andreassen Mogens Myrup; Features describing products and processes, Proceedings of the sixth IPS Research Seminar, Fuglsø, marts 1992.
- [84] Krug W., Eberl H.-W.; CAE and Product Modelling; Dresden University of Technology, 1992.
- [85] Källberg Mats, ABB Management Consultants AB; Indlæg på konferencen: Produktion på halv tid; Teknik og Data, Odense, 19 februar 1992.
- [86] Lenau Torben m.fl.; Interface between process planning and engineering design of components; Proceedings of the fifth IPS Research Seminar, Fuglsø, oktober 1991.
- [87] Linstone, Harold A.; Multiple Perspectives for Decision Making; Elsevier Science Publishing Co, New York, 1984.
- [88] Lundborg E.P.; Product models and structure handling in small companies - a case study with radiator data; International Conference on Engineering Design ICED '93, p 1650-1657, Haag, august 1993.
- [89] Martin James; Information Engineering - Book 1 introduction, Prentice Hall, New Jersey, 1989.
- [90] Meerkamm H.; Computer Support of Design for X - the Importance of a Product Model; Friedrich-Alexander-Universität, Erlangen Nürnberg; maj 1993.
- [91] Meier Andreas, Krupp Atlas Datensysteme GmbH; Advantages of using features to integrate product and process modelling - results of IMPACT (ESPRIT 2165).
- [92] Mortensen Niels Henrik, Svendsen Karl-Henrik, og Hansen Claus Thorp; På vej mod en "Designer's Workbench"; Indlæg på Konstruktionsdagen 1993, Institutet for Konstruktionsteknik, DTU.
- [93] Mortensen Niels Henrik, Andreassen M. Myrup; structuring Product Data - based on the Chromosome model; Proceedings of the seventh IPS Research Seminar, p 155-168, Fuglsø, oktober 1992.

- [94] Mulvad Niels; STEP er det næste skridt i udvekslingen af CAD; CAD/CAM World p. 39, 16. december 1992.
- [95] Nielsen C.A.; Produktionsopgaven, Udvikling af ProduktionsSystemer; Driftsteknisk Institut, DTH, Institut for Produktion, AUC, og Instituttet for Produktudvikling.
- [96] Nnaji B.O., Hsu-Chang Liu, Rembold U.; A product modeller for discrete components; International Journal of Production Research, 1993, Vol. 31 No. 9, p. 2017-2044.
- [97] Olesen Jesper og Andreassen M.Myrup; Disponeringer mellem konstruktion og produktionsstyring; Proceedings of the third IPS-Research Seminar, Fuglsø, august 1990.
- [98] Olesen Jesper; Design for Production Planning and Control - based on Dispositional Mechanisms; Proceedings of the fifth IPS Research Seminar, Fuglsø, oktober 1991.
- [99] Oxford; Dictionary of Computing; Oxford University Press, 1986.
- [100] Pallot Marc; Enables interaction using Meta-data within a CE environment; European Society of Concurrent Engineering (ESoCE); Paris, 1994.
- [101] Price Waterhouse/IKO; Informationsteknologi i Danmark 1990/1991 - Erhvervslivets anvendelse og forventninger.
- [102] Produktionsstyring et rammesystem; Sammenslutningen af Arbejdsgivere indenfor Jern- og Metalindustrien i Danmark, Teknisk afdeling, publikation nr 6904, december 1969.
- [103] Produktionsstyring et rammesystem - anvendt i enkeltstyksproduktion; Sammenslutningen af Arbejdsgivere indenfor Jern- og Metalindustrien i Danmark, Teknisk afdeling publikation nr 7304, december 1969.
- [104] Robert I. Benjamin and Michael S.Scott Morton; Information technology, Integration, and Organizational Change; INTERFACES 18:3 May-June 1988, pp. 86-98.
- [105] Rode J., og Sant K.L.; UPS-Introduktionen; Udvikling af ProduktionsSystemer; Driftsteknisk Institut, DTH, Institut for Produktion, AUC, og Instituttet for Produktudvikling.
- [106] Rong-Kwei Li m.fl.; Composite feature and variational design concepts in a feature-based design system; International Journal of Production Research, Vol. 31, No. 7, p. 1521-1540, 1993.
- [107] Salomons O.W., van Houten F.J.A.M., Kals H.J.J.; Review of Research in Feature-Based Design; Journal of Manufacturing Systems Vol 12, No 2, p 113-131.
- [108] Sanderson Susan Walsh; Cost models for evaluating virtual design strategies in multi cycle product families; Journal of Engineering Elsevier, p 339-358, 1991.
- [109] Salzberg Steven, Watkins Michael; Managing Information for Concurrent Engineering: Challenges and Barriers; Research in Engineering Design, p. 35-52, New York, 1990.

- [110] Sant Knud L.; Gruppeteknologi i industrielle virksomheder, Polyteknisk forlag, 1977.
- [111] Savage Charles M.; CIM and fifth generation management; CASA/ SME, Dearborn, Michigan, 1988.
- [112] Sferro Peter R. Bolling G.F., Crawford R.H.; It's time for the Omni Engineer; Journal of Manufacturing Engineering, p 60-63, juni, 1993.
- [113] Shaw M.J., Solberg J.J., Woo T.C.; System integration in intelligent manufacturing: an introduction; IIE Transactions, p. 2-6, juli 1992.
- [114] Shimon Y. Nof, Hans-Jorg Bullinger, S.E. Elmaghraby, A.Alan B. Pritsker, Gavriel Salvendy, A.W. Scheer, Deborah J. Seifert, Daniel Teichroew, Tibor Vamos, A.B. Whinston, John A. White, Gary E. Whitehouse; Research Needs and Challenges in Application of Computer and Information Sciences for Industrial Engineering; IIE Transactions, Volume 21, number 1, March 1989.
- [115] Skinner Wickham; Manufacturing in the corporate strategy; Wiley-interscience publications, USA, 1978.
- [116] Smith D.G., Ball A.A.; Support Systems for design and manufacture - the real needs; ICED '93, Haag 17-19 august 1993.
- [117] Specht Dieter, Forkel Malte og Weber Hartwig; Semantic Modelling of Technical Objects; Fraunhofer Institutet, Berlin.
- [118] Srinivasa R. Shankar, Jansson David G.; A generalized methodology for evaluating manufacturability; Concurrent Engineering; Chapman & Hall, 1993.
- [119] Stanek J.; Object oriented knowledge base for design process; International Conference on Engineering Design ICED '93, p 1737-1740, Haag, august 1993
- [120] Tichem Marcel og Mortensen Niels Henrik; Modelling Concurrency between Product Design and Production Design; 4th Symposium "Fertigungsgerechtes Konstruieren", Erlangen/Egloffstein, 14-15 oktober 1993.
- [121] Tjalve E.; Systematisk udformning af industriprodukter; Akademisk Forlag, København, 1976.
- [122] Tsiotsias A.S. og Muir C.D.R.; Information structure requirements for feature based modelling and process planning.
- [123] Vesterager J.; Produktionsforberedelse af produktionsforberedelsen, Driftsteknikerbogen 1985 p.13-27; Driftsteknisk Institut februar 1986.
- [124] Vesterager J.; Beskrivelse af CIM/GEMS-projektet - resultater, publikationer og opnået effekt; Driftsteknisk Institut, oktober 1989.

- [125] Vesterager J.; Driftsteknik og informationsteknologi, Driftstekniske Udviklinger p 141-156, Polyteknisk Forlag 1991.
- [126] Vesterager J.; Bemærkninger til kapitel 3 i "Prototyping" af Ole Kiil; Driftsteknisk Institut, 6. maj 1993.
- [127] Vesterager m.fl.; CIM-kursus for topledere - kursus materiale udarbejdet i forbindelse med CIM/GEMS-projektet; Institut for ProduktUdvikling; 1990.
- [128] Vesterager Johan, Mølleskov Torben, Driftsteknisk Institut, DTU, Tuxen Jan og Christiansen Kåre, Odense Stålskibsværft, Lindø; Architecture for a global concurrent engineering system; Second deliverable of IMS Test Case, Global concurrent engineering; Driftsteknisk Institut, 1994.
- [129] Wichmann K.E., Young R.E.; An IDEF0 model of the CIM development lifecycle, Driftsteknisk Institut, 1988.
- [130] Wix Jeffrey, McLelland Colin; Data Exchange Between Computer Systems in the Construction Industry; Appendix D - Product Data Exchange Specification; Building Services and Information Association (BSRIA), p. 56-57, 1986.
- [131] Wong A., Sriram D.; SHARED: An Information Model for Cooperative Product Development; Research in Engineering design, Vol 5 p 21- 39; Springer Verlag London, 1993.
- [132] Zachman, J.A.; A framework for information systems architecture; IBM Systems Journal, vol. 26, no.3, pp.276-292, 1987.

BILAG 1.

OOA-MODEL FOR REOLPRODUKTION

<u>Name:</u> Reol		<u>No:</u> 1
List of superclasses:		
List of subclasses:		
List of superparts:		
List of subparts: Højre side (No. 2), Venstre side (No. 3), Topplade (No. 4), Løs hylde (No. 5), Fast hylde (No. 6), Sokkel (No.7), Bagklædning (No. 8)		
Responsibilities		Collaborations
Knows: Identification Højde [H] Bredde [B] Dybde [D] Antal løse hylder Antal faste hylder		Højre side (No. 2), Venstre side (No. 3), Bagklædning (No. 8) Topplade (No. 4), Løs hylde (No. 5), Fast hylde (No. 6), Sokkel (No. 7), Bagklædning (No. 8) Højre side (No. 2), Venstre side (No. 3), Topplade (No. 4), Løs hylde (No. 5), Fast hylde (No. 6), Bagklædning (No. 8)
Does:		

Name: Løs hylde		No: 5
List of superclasses:		
List of subclasses:		
List of superparts: Reol (No. 1)		
List of subparts:		
Responsibilities	Collaborations	
Knows: Identification Bredde [B] Hyldeybde Pladetykkelse Hyldeareal (hyldeybde x bredde) Finér Overflade Finerside 1 Finerside 2 Forkant Bagkant Kantside venstre Kantside højre Antal kantlister Routingliste	Reol (No. 1) Reol (No. 1)	
Does: Generer routing <ul style="list-style-type: none"> • Find procesrækkefølge • Find mulige maskiner • Dan prioriteret maskinliste • Beregn tidsforbrug Vis routing	Procesrækkefølge (No. 10) Proces (No. 11) Operationssted (No. 12)	

<u>Name:</u> Procesrækkefølge		<u>No:</u> 10
List of superclasses:		
List of subclasses:		
List of superparts:		
List of subparts:		
Responsibilities	Collaborations	
Knows: Identification Procesrækkefølge: Save spånplader Skære finér Sy finér Presse Maskinbearbejdning Lakere Pakke	Proces (No. 11)	
Does: Generer procesrækkefølge		

<u>Name:</u> Proces		<u>No:</u> 11
List of superclasses:		
List of subclasses:		
List of superparts:		
List of subparts:		
Responsibilities	Collaborations	
Knows: Identifikation Operationssteder <ul style="list-style-type: none"> Proces: Save spånplader Op.sted: Save Proces: Skære finér Op.sted: Skære finér Proces: Sy finér Op.sted: Sy finér Proces: Presse Op.sted: Presse 1, Presse 2 Proces: Maskinbearbejdning Op.sted: Maskingade 1-4 Proces: Lakere Op.sted: Lakgade 1, Lakgade 2 proces: Pakke Opsted: Pakkelinie 1-3 	Operationssted (No. 12)	
Does:		

<u>Name:</u> Operationssted		<u>No:</u> 12
List of superclasses:		
List of subclasses: Save (No. 13), Skære finér (No. 14), Sy finer (No. 15), Presse (No. 16), Maskingade (No. 17), Lakere (No. 18), Pakke (No. 19)		
List of superparts:		
List of subparts:		
Responsibilities	Collaborations	
Knows: Identification		
Does: Find emnets Længde, Bredde Generer prioriteret maskinliste Beregn tidsforbrug	Løs hylde (No. 5)	

Name: Presse		No: 16
List of superclasses: Operationssted (No. 12)		
List of subclasses:		
List of superparts:		
List of subparts:		
Responsibilities	Collaborations	
Knows: Identifikation Pressens Længde Pressens Bredde Cyklustid Liste med prioritering [Presse#, interval, prioritet] Presse 1, Længde < 65 cm, (1) 65 cm < Længde < 100 cm (2) 100cm < Længde <135 cm (1) Presse 2, Længde < 65 cm (2) 65 cm < Længde < 100 cm (1) 100 cm <Længde <135 cm (2) 135 cm < Længde <205 cm (1)		
Does: Dan prioriteret maskinliste Beregn tidsforbrug: Tid = $\text{Cyklustid} * (\text{B} + 15) / \text{Pressebredde} / \text{INT}(\text{Presselængde} / \text{Længde})$		

BILAG 2.

FORMLER FOR BEREGNING AF GEOMETRIDATA M.V. FOR OBJEKT 19 I PRODUKTMODELLEN

BEREGNING AF ANTAL TILES, SVEJSELÆNGDE, OG LÆNGDE AF VINDINGENS YDRE KONTUR.

Antal tiles:

Omkreds (pr snit på kuglevinkel)

$$\text{Omkrs} = \sum_{i=1}^{\text{antal snit}} \sqrt{(DY \cdot \pi \cdot DY \cdot \pi + s \cdot s)} \cdot LK_i / s$$

$$DY = (DY_{\text{start}} + DY_{\text{slut}}) / 2$$

AL - tiles:

$$\text{Antal tiles} = \text{Omkreds} / 34,5 [\text{mm}]$$

SH - tiles:

$$\text{Antal tiles} = \text{Omkreds} / 37 [\text{mm}]$$

LK_i er længden af snittet i det i'te interval.

s er stigningen på vindingerne.

DI er transportørens diameter.

DY er diameteren af vindingernes ydre kontur.

Svejselængde:

$$\text{Svejselængde} = \sum_{i=1}^{\text{antal snit}} \sqrt{(DI \cdot \pi \cdot DI \cdot \pi + s \cdot s)} \cdot LK_i / s + 2 \cdot (DY - DI) \cdot LK_i / s$$

DI er diameteren på transportørkroppen, DY er den udvendige diameteren på vindingerne. Hvis vinklen er $\gg 0$ beregnes diameteren som gennemsnit af D_{start} og D_{slut} ved snittet. Beregnes pr snit på transportørkroppen.

Længde af vindingens ydre kontur (pr belægningszone):

$$\text{Længde} = \sum_{i=1}^{\text{antal snit}} \sqrt{(DY \cdot \pi \cdot DY \cdot \pi + s \cdot s)} \cdot LK_i / s$$

(beregnes for antal snit i belægningszonen)

(Alle værdier rundes op til nærmeste hele antal mm)

BILAG 3

FORMLER FOR BEREGNING AF TIDSFORBRUG VED OBJEKT 110 I PRODUKTIONSMODELLEN

DOES 670 TILPAS OG HÆFT VINDINGER

$Tid = \text{Antal segmenter} * 0,11 * ((D - d)/153) + \text{Fast tid} + \text{Tillæg}$

Fast tid = 1,9 time for type NX 414 - 830

Fast tid = 2,5 time for type NX 834 - 438

$\text{Antal segmenter} = 2 * \text{Længde} / \text{Stigning (afrundes)}$

D = Største vindingsdiameter

d = Kropdiameter (diameter af cylindrisk del)

Tillæg:

Ved dobbeltgænget tillægges 30 % til den variable tid

Ved windows tillægges 20 % til den variable tid pr segment * antal segmenter med windows

DOES 680 SVEJSE VINDINGER

$Tid = \text{Svejselængde} * \text{Svejsehastighed} + \text{Fast tid}$

Fast tid = 0,5 time

Svejsehastighed = 0,135 time / meter

Tillæg:

Ved dobbeltgænget tillægges 30 % til den variable tid

Ved windows tillægges 0,025 time pr segment med windows * antal segmenter med windows

Deltagende Institutter

Institut for Produktion,
Aalborg Universitet,
Fibigerstræde 16, 9220 Aalborg Ø.
Tlf. 9815 8522, Fax 9815 3030

Instituttet for Styreteknik,
Danmarks Tekniske Universitet,
Bygning 424, 2800 Lyngby.
Tlf. 4593 4419, Fax 4588 4024

Procesteknisk Institut,
Danmarks Tekniske Universitet,
Bygning 425, 2800 Lyngby.
Tlf. 4588 2522, Fax 4593 3435

Instituttet for Konstruktionsteknik,
Danmarks Tekniske Universitet,
Bygning 421, 2800 Lyngby.
Tlf. 4593 4316, Fax 4588 1451

Driftsteknisk Institut,
Danmarks Tekniske Universitet,
Bygning 423, 2800 Lyngby.
Tlf. 4593 4466, Fax 4593 4467

ISBN NR.: 87-985169-0-6



Institut for Produktion



Driftsteknisk Institut



INSTITUTTET FOR STYRETEKNIK



KONSTRUKTIONSTEKNIK



PROCESTEKNISK INSTITUT